



معهد التراث العلمي العربي

جامعة حلب ـ سورية



تصدر مجـلة تاريخ العلوم العربية عن معهد التراث العلمي العـربي مرتين كل عام (في فصـلي الربيـع والخريف) • يرجى ارسال نسختين من كل بحث أو مقـال الى : **معهد التراث العلمي العربي ـ جامعة حلب .**

توجه كافة المراسلات الخاصة بالاشتراكات والاعلانات والأمـور الادارية الى العنوان نفسه • يرسل المبلغ المطلوب من خارج سورية بالـدولارات الاميركية بموجب شيـكات باسـم **الجمعية السورية لتاريخ العلوم**

قيمة الاشتراك السنوي :

المجلد الاول أو الثاني (١٩٧٧ ، ١٩٧٨)
بالبريد العادي المسجل : ٢٥ ليرة سورية أو ٦ دولارات أميركية
بالبريد الجوي المسجل : ٤٢ ليرة سورية أو ١٠ دولارات أميركية

المجلد الثالث (١٩٧٩)
بالبريد العادي المسجل : كافة البلدان ١٠ دولارات أميركية
بالبريد الجوي المسجل : البلاد العربية والاوروبية ١٢ دولاراً أميركياً
آسيا وأفريقيا ١٥ دولاراً أميركياً
الولايات المتحدة ، كندا واستراليا ١٧ دولاراً أميركياً

مطبعة جامعة حلب



المجلد الثالث | العدد الثاني | تشرين الثاني ١٩٧٩

محتويات العدد

القسم العربي

الابحـاث :

ملخصات الابحاث المنشورة في القسم الاجنبي

مقالة قصيرة واعلانات :

مراجعات الكتب



لغة رياضية مجردة تحل فيها النقط والدوائر المسطحة محل الكواكب والأفلاك المجسمة . ولكن بطلميوس في كتاب « الاقتصاص » الذي دونه بعد كتاب « المجسطي » قام بمحاولة لوصف ترتيب الأجسام الكرية التي تلزم عنها الحركات المثبتة في « المجسطي » . ولم يكن بطلميوس موفقاً كل التوفيق في هذه المحاولة ، فتعرض كتاب « الاقتصاص » لكثير من النقد في العالم الإسلامي ، كما نرى مثلاً في كتاب « الشكوك على بطلميوس » لابن الهيثم وفي مصنفات غيره من الفلكيين مثل نصير الدين الطوسي في القرن الثالث عشر الميلادي وابن الشاطر في القرن التالي . وابن الهيثم في كتاب « الشكوك على بطلميوس » يشير أكثر من مرة إلى حركة « الالتفاف » ، ولكنه في مقالة « حركة الالتفاف » المفقودة وصف هيئة مجسمة تفي في رأيه بهذه الحركة . وينبئنا نصير الدين الطوسي الذي اطلع على هذه المقالة أن ابن الهيثم زاد في كل تدوير للكواكب المتحيرة الخمسة كرتين وزاد في تدوير كل من الزهرة وعطارد كرتين أخريين ، بحيث ينتج عن حركات هذه الكرات ما وضعه بطلميوس في « المجسطي » لتفسير اختلافات عروض الكواكب .

ويقول ابن الهيثم في مقالة « حل شكوك حركة الالتفاف » التي ننشرها في هذا العدد إن « الذي يسميه أصحاب التعاليم حركة الالتفاف هو حركة فلك التدوير حول الدائرة الصغيرة ، وهذه الحركة تتركب من عدة حركات ويحدث منها خط ملتف على كرة فلك التدوير . . . وهذه الحركة يحتاج إليها أصحاب التعاليم حاجة شديدة لأن منها يتحصل حركات الكواكب في العرض . » وهنا يشير ابن الهيثم خاصة إلى فرضين لبطلميوس : أولهما أن طرف قطر فلك التدوير المار بالذروة والحضيض في جميع الكواكب المتحيرة يدور على محيط دائرة صغيرة قائمة على سطح الفلك المائل بحيث ينتج عن ذلك اختلاف « ميل » سطح دائرة التدوير على سطح الفلك المائل . والفرض الثاني أن القطر القائم على هذا القطر الأول ، ويسميه الإسلاميون « القطر الثاني » ، يدور هو الآخر على محيط دائرة صغيرة فيلزم عن دورانه اختلاف ما يسمى « بانحراف » دائرة التدوير . وهذا كله أدى بابن الهيثم إلى إضافة كرتين لحركة القطر الأول في جميع الكواكب المتحيرة وكرتين أخريين لحركة انحراف القطر الثاني في تدوير الزهرة وعطارد .

وابن الهيثم في هذا « الحل » للشكوك التي أثارها أحد معاصريه المجهول الاسم يعطينا فكرة عما ذهب إليه في المقال المفقود الذي نرى أنه كان ذا أثر في البحوث الفلكية اللاحقة

على ابن الهيثم ، ونخص بالذكر نصير الدين الطوسي وابن الشاطر . وبالإضافة إلى ذلك فمقال « حل شكوك حركة الالتفاف » مثال على النقاش العلمي في عصر ابن الهيثم . ومن ثم يجدر بنا العناية بتفهمة ودرسه ونرجو أن نكون مهدنا لذلك بتحقيقه ونشره .

الرموز المستخدمة في جهاز التحقيق

ب : مخطوط مكتبة برلين الشرقية رقم ٢٩٧٠ .

ع : مخطوط عاطف رقم ١٧١٤ (إستانبول)

ن : مخطوط المتحف الأسيوي ، شرقي ب ١٠٣٠ (لينينغراد)

+ : زائد في

— : ناقص من

فا : فوق السطر في

ها : هامش

[ن ١ ظ ، ع ١٣٩ ظ]

بسم الله الرحمن الرحيم

قول[١] للحسن بن الحسن بن الهيثم في حل شكوك حركة الالتفاف

وقفت على شكوك مولاي الشيخ — أطال الله بقاءه[٢] — وتأملتها ، فتبين لي أولا من[٣] تضاعيف كلامه فيها أنه قد استعمل ثلثة[٤] معاني[٥] هي التي شككته وعدلت به عن إضاءة الحق إلى ظلمة التشكيك[٦] .

١ — مقالة : ع ، ب .
٢ — أطال الله بقاءه] — ع ، ب .
٣ — في : ع .
٤ — ثلاثة : ع ، ب .
٥ — معان : ع .
٦ — التشكك (؟) : ن = التسكك : ب .

فهذا أحد الشكوك وقد بطل .

وأما[11] قوله إن قطر فلك التدوير المقاطع للقطر الذي عليه البعد الأبعد والبعد الأقرب ينحرف كما ينحرف[12] القطر النظير له في حركتي الزُّهَرة وعُطارد فإنه مخالف لما فرضه بطلميوس . لأن بطلميوس [ن ٣ ظ] فرّق بين هذا القطر في الكواكب الثلثة[13] وبينه في الكوكبين الباقيين بقوله « فأما أقطار أفلاك التداوير القائمة[14] على زوايا قائمة على الأقطار التي تقدم ذكرها فإنها في الكواكب الثلثة[15] تبقى كما قلنا أبداً موازية لسطح[16] فلك البروج ». فبقوله « تبقى[17] أبداً » قد نفى[18] الحركة عن هذا القطر . فأما قوله « وإن انحرفت كان انحرافها لا قدر له يُعتدّ به » فإنه يريد أن فلك التدوير إذا تحرك على محيط الفلك الخارج المركز فلا بد أن يتغير وضع هذا القطر بالقياس إلى فلك البروج . فهذا هو الانحراف الذي اعتقد أنه لا يعتد به لا أن له حركة انحراف مثل حركة قطري الكوكبين الباقيين . وهذه اللفظة هي من ألفاظ بطلميوس التي أخذها مولاي الشيخ على ظاهرها — أعني قول بطلميوس « وإن انحرفت » — ظن بقوله « انحرفت » أنه[19] يريد حركة الانحراف ، وليس الأمر كذلك .

والذي يدل على أنه ليس لهذا القطر حركة انحراف هو أنه لو كان له حركة انحراف لكان بطلميوس قد ذكر [ن ٤ و] مبدأها وانتهاءها[20] كما ذكره في قطري الكوكبين الباقيين ، وليس في حركات هذه الكواكب الثلثة[1] ضرورة تدعو إلى أن يُعتقد أن لها[2] حركة انحراف . فتخيُّله[3] لانحراف هذا القطر وأنه على مثل قطري الكوكبين الباقيين هو فضل لا يُحتاج إليه . والذي قاده إلى هذا الاعتقاد هو أنه فرضه في سطح فلك البروج في وقت كون[4] فلك التدوير في العقدة فاعتقد من أجل ذلك[5] أنه انحرف . وهذا القطر قد

١١ – فاما : ع ، ب .
١٢ – كما ينحرف] –ع .
١٣ – الثلاثة : ع ، ب .
١٤ – القائم : ن .
١٥ – الثلاثة : ع ، ب .
١٦ – + لسطح : ع .
١٧ – يبقى : ع .
١٨ – بقي : ع .
١٩ – –ع ، ب .
٢٠ – مبدأها وانتهاءها] مبداها وانتهاءها : ن = مبدائها وانتهائها : ع .
١ – الثلاثة : ع ، ب
٢ – فيها : ع .
٣ – متخيلة : ع .
٤ – دون : ع ، ب .
٥ – من أجل ذلك] هان .

يمكن أن يحصل في سطح فلك البروج عند كون[٦] فلك التدوير في العقدة من غير انحراف . [ع ١٤١ و] وذلك أن هذا القطر هو أبداً والقطر الذي يمر بالبعد الأبعد والبعد الأقرب في سطح واحد وهو سطح فلك التدوير ، فإذا صار سطح فلك التدوير في سطح فلك البروج — كما فرضه في كلامه — فقد صار هذا القطر في سطح فلك البروج من غير انحراف . وهو ممكن أن يصير سطح فلك التدوير في سطح فلك البروج بحركة[٧] فلك التدوير حول الدائرة الصغيرة. وإنما قال بطلميوس في هذا القطر « يبقى كما قلنا أبداً موازيا لسطح [ن ٤ ظ] فلك البروج » حتى إذا صار موكز فلك التدوير على العقدة صار هذا القطر في سطح فلك البروج من غير أن يتحرك حركة انحراف . فليس لهذا القطر في الكواكب الثلثة[٨] انحراف ، ولا في حركات هذه الكواكب أمارة توجب انحراف هذا القطر .

ثم قال من بعد هذا الكلام[٩] « والذي يحصل في نفسي من كلام بطلميوس أن سطح فلك التدوير لا يمكن أن يكون وقتاً من الأوقات في شيء من الكواكب الخمسة في سطح الفلك الخارج المركز ، لأن كل سطح فلك تدوير يَفْنى ميلُه عند نهاية[١٠] انحرافه ويفنى انحرافه عند نهاية ميله ويجتمع فيه الانحراف والميل في مسيره بين المواضع التي يعرض ذانك فيهـــا . »

وهذا قول منتقَض في نفسه[١١] ، لأنه قال « والذي[١٢] يحصل في نفسي من كلام بطلميوس » ، ثم قال « لأن كل سطح فلك تدوير[١٣] يفنى ميله عند نهاية انحرافه ويفنى انحرافه عند نهاية ميله » ، ولم يقل بطلميوس هذا القول في جميع أفلاك التداوير ، وإذا لم يكن بطلميوس قال هذا القول في جميع أفلاك التداوير فما فَهِم هذا [ن ٥ و] المعنى من كلام بطلميوس وإنما هو[١٤] استشعار استشعره ثم لم يشك في صحته ، وهذا هو مـــن الاستشعارات التي قَدّمتُ ذكرها وضمِنت أني أبينها[١٥] .

فهذا الشك أيضاً قد بطل ، لأن العلة التي قادته إلى هذا الشك قد بطلت ، وهي اعتقاده

٦ – دون : ع ، ب .
٧ – + بحركه : ع ، ب .
٨ – الثلاثة : ع ، ب .
٩ – + قال : ع .
١٠ – نهايتهاية : ع .
١١ – وهذا ... نفسه] وهذا مسقص من نفسه : ع ، ب .
١٢ – كذا في ن ، ع .
١٣ – التدوير : ع .
١٤ – – ع .
١٥ – أني أبينها] ان ابنها : ع = ان اسها : ب .

بالأرض وليس يمكن ذلك في حركة فلك[2] التدوير ، وذلك أن حركات الأفلاك الخارجة المراكز التي تتحرك[3] حركة الطول في الكواكب الثلثة[4] ميلها أبداً في جهة[5] واحدة ، وليس تنتقل سطوحها فتميل تارة إلى الشمال وتارة إلى الجنوب ، وهذه الكواكب فقط هي التي يصح فيها[6] القرض[7] الذي فرضه بطلميوس. وسطح فلك التدوير قد فرضه بطلميوس يميل قبل[8] القرب الأقرب من سطحه تارة إلى جهة الشمال عن سطح الفلك الخارج المركز وتارة إلى الجنوب ، وكذلك ما يلي البعد الأبعد من سطحه . وأيضا فإن منشورات الطول ندور[9] حول مركز العالم فليس يبعد بعدها الأبعد عن مركز العالم ولا يقرب منه[10] ، وليس كذلك [ع ١٤٢ ظ] فلك التدوير ، لأن فلك التدوير إذا دار على محور قائم على سطح الفلك الخارج [ن ٧ و] المركز قرب بعده الأبعد من مركز العالم . وإذا[11] فرض لفلك التدوير منشور على الصفة التي ذكرناها[12] ، وكانت قاعدتا الأعظم فيهما[13] المحرك للأصغر موازيتين[14] لسطح الفلك الخارج المركز ، وكان المنشور الأصغر محصوراً في داخل المنشور الأعظم ، وكان الأصغر مائلاً . فإن المنشور الأصغر إذا دار على محور الدائرة المائلة كان[15] وضع الدائرة المائلة أبداً وضعاً واحداً وميلها ميلاً واحداً وفي جهة واحدة ، أعني أنه يكون ما يلي البعد الأبعد من الدائرة المائلة مائلاً أبداً إلى جهة واحدة من جهتي سطح الفلك الخارج المركز وما يلي البعد الأقرب منهما[16] مائلاً[17] إلى جهة واحدة وهي الجهة المقابلة لجهة البعد الأبعد ، فلا يصير البعد الأقرب من سطح فلك التدوير بهذه الحركة تارة في جهة الشمال عن سطح الفلك الخارج وتارة في جهة الجنوب عنه ، وكذلك البعد الأبعد .

وأيضاً فإنه إذا دار المنشور الأعظم حول محوره القائم على قاعدتيه الموازيتين لسطح

٢ — — ع .
٣ — سحرك : ن = يتحرك : ع .
٤ — الثلاثة : ع ، ب .
٥ — حصة : ع ، ب .
٦ — منها : ع ، ب .
٧ — العرص : ن = القرض : ع = العرض : ب .
٨ — يميل قبل] عمل : ن = فبل : ع ، ب .
٩ — يدور : ع .
١٠ — عنه : ع .
١١ — فاذا : ع ، ب .
١٢ — ذكرناها : ن = ذكر : ع ، ب .
١٣ — منها : ع ، ب .
١٤ — مواز : ع ، ب .
١٥ — فان : ع ، ب .
١٦ — منها : ع ، ب .
١٧ — — ع ، ب .

[ن ٧ ظ] الفلك الخارج المركز فإنه يدور معه المنشور الأصغر ، لأن قاعدتي المنشور الأصغر ليستا موازيتين لقاعدتي المنشور الأعظم ، فتتحرك كل نقطة[١٨] من المنشور الأصغر على محيط دائرة موازية لقاعدتي المنشور الأعظم ، فيتحرك البعد الأبعد من فلك التدوير والبعد الأقرب منه على دائرتين موازيتين لسطح الفلك الخارج المركز ، ويكون أحدهما أبداً في جهة الشمال عن سطح الفلك الخارج المركز والأخرى في جهة الجنوب عنه ، فيكون ميل البعد الأقرب من فلك التدوير بهذه[١٩] الحركة أيضاً أبداً في جهة واحدة عن سطح الفلك الخارج المركز ، وكذلك البعد الأبعد . فيكون ميل البعد الأقرب من فلك التدوير بالحركتين جميعاً أبداً في جهة واحدة عن سطح الفلك الخارج المركز ، وكذلك البعد الأبعد يكون ميله [ع ١٤٣ و] أبداً بالحركتين جميعاً في جهة واحدة عن سطح الفلك الخارج المركز ، فلا يصير البعد الأقرب من فلك التدوير تارة مائلاً إلى جهة الشمال عن سطح الفلك الخارج المركز [ن ٨ و] وتارة إلى جهة الجنوب عنه ، وكذلك البعد الأبعد . وهذا خلاف ما فرضه بطلميوس لحركة فلك التدوير .

وأيضاً فإنه إذا[٢٠] تحرك المنشور الأعظم حول محوره وحرك معه المنشور الأصغر وتحرك البعد الأبعد والبعد الأقرب من فلك التدوير على دائرتين موازيتين لسطح الفلك الخارج المركز فإنه يصير البعد الأبعد لفلك التدوير تارة هو البعد الأقرب وتارة هو البعد الأوسط ، وكذلك البعد الأقرب يصير تارة هو البعد الأبعد وتارة هو البعد الأوسط — وهذا محال فاحش . ومع ذلك فإن طرف القطر الذي هو البعد الأقرب يكون متحركاً على دائرة كبيرة موازية لسطح الفلك الخارج المركز ، لا على دائرة صغيرة قائمة على سطح الفلك الخارج المركز ، وليس يتحرك قطر فلك التدوير حول دائرة صغيرة قائمة على سطح الفلك الخارج المركز[١] ويتحرك معه سطح فلك التدوير إلا بحركة جسم يدور على محور الدائرة الصغيرة الذي هو في سطح الفلك الخارج المركز .

فإن فرض المنشور الأعظم يتحرك على محور [ن ٨ ظ] الدائرة الصغيرة الذي هو في سطح الفلك الخارج المركز لزم منه أن تخرج[٢] قاعدتاه عن موازاة سطح الفلك الخارج

١٨ – فتتحرك كل نقطة] فيتحرك كل قطعة : ع .
١٩ – فهذه : ع ، ب . ٢٠ — — ع .
١ – + وليس : ع .
٢ – لزم منه أن تخرج] ولزم ان يخرج : ع ، ب .

فلك البروج ، وهي الأقطار التي عليها يوجد البعد الأبعد والبعد الأقرب الذي يُرى من كل واحد منها[٧] » . ثم قال من بعد ذلك « فلم يفرض بطلميوس الحركة إلا لأطراف الأقطار التي تحاذي[٨] مركز فلك البروج ، وقوله — يعني بطلميوس — إن هذه الأقطار تدور[٩] معها سطوح أفلاك التداوير يدل على أن هذا القطر بعينه يتحرك على الدائرة الصغيرة ، وهو أبداً لازم لمحاذاة مركز فلك البروج من غير تبديل ولا مغادرة[١٠] » .

وهذا الكلام كله يدل على أنه — حرسه الله — لم يتأمل كلام بطلميوس ولا لاحظ غرضه في قوله « ونضع ميول أفلاك تداويرها[١١] بحسب أقطارها المحاذية لمركز فلك البروج وهي الأقطار التي عليها يوجد البعد الأبعد والبعد الأقرب[١٢] الذي يُرى من كل واحد منها[١٣] » .

وهذا [ع ١٤٤ ظ] الكلام ، أعني كلام بطلميوس ، هو من الكلام الذي أخذه مولاي الشيخ على ظاهره ولم يتأمله ولم يتأول فيه ، فاعتقد أن القطر المائل يكون أبداً محاذياً لمركز فلك البروج . والدليل على ذلك قوله « يدل على أن هذا القطر يتحرك على الدائرة[١٤] وهو أبداً لازم لمحاذاة مركز فلك البروج من غير تبديل ولا مغادرة[١٥] » . وهذا الاعتقاد هو من استشعاراته التي قدّمتُ ذكرها ، [ن ١١ و] أعني أنه لا يشك فيها ويريد أن يكون الجواب موافقاً لها ، لأن قوله « وهو[١٦] أبداً لازم لمحاذاة مركز البروج من غير تبديل ولا مغادرة[١٧] » يدل على أنه قد تيقن هذا الاعتقاد وتحققه ولا يشك فيه . وهذا الاعتقاد هو في نهاية الفساد والاستحالة ، وأنا أبين ذلك بالبرهان الذي لا شك[١٨] فيه — وهو أن كل خط يتحرك حركة مستديرة متصلة ونقطة منه ثابتة فليس يكون[١٩] محاذياً في جميع زمان حركته لنقطة ثابتة غير النقطة التي هي منه . وهذه قضية كلية وأنا أبينها[٢٠] في قطر فلك التدوير :

٧ — منهما : ن .
٨ — التي تحادي] الذي يحاذي : ع ، ب .
٩ — يعود : ن ، ب = تعود : ع .
١٠ — معاقبه : ع ، ب .
١١ — تداويره : ع ، ب .
١٢ — البعد الأبعد والبعد الأقرب] البعد الاقرب والبعد الابعد : ع ، ب .
١٣ — منهما : ن .
١٤ — الدوائر : ع .
١٥ — معاقبة : ع ، ب .
١٦ — هو : ن .
١٧ — معاقبة : ع .
١٨ — يشك : ع ، ب .
١٩ — يلزم : ع ، ب .
٢٠ — أسها : ن = اثبتها : ع .

فلنتوهم[1] قطر فلك التدوير الذي يدور حول الدائرة الصغيرة في وقت كونه خارجاً عن سطح فلك البروج قد امتد على استقامة ، فهو ينتهي إلى سطح فلك البروج ؛ لأن سطح الدائرة الصغيرة إذا انبسط فهو يقطع سطح فلك البروج في جميع أوضاع الدائرة الصغيرة[2] ، لأن سطح الدائرة الصغيرة هو أبداً قائم على سطح الفلك الخارج المركز ، والفلك الخارج المركز [ن ١١ ظ] مائل على سطح فلك البروج ، فالقطر[3] المتحرك حول الدائرة الصغيرة إذا امتد على استقامة فهو[4] ينتهي إلى سطح فلك البروج ويقطعه ويتجاوزه ، فإذا انتهى هذا القطر إلى سطح فلك البروج وقطعة وتجاوزه ثم تحرك حول الدائرة الصغيرة حدث من حركته مخروط" رأسه مركز فلك التدوير ، وسطح فلك البروج يقطع هذا المخروط على تصاريف الأحوال إذا امتد المخروط في جهة سطح فلك البروج لأن قطر فلك[5] التدوير المتحرك حول الدائرة الصغيرة ليس يكون موازياً لسطح فلك البروج لأنه يقطع أبداً سطح الدائرة الصغيرة القاطع أبداً لسطح فلك البروج فهو أبداً يقطع سطح فلك البروج إلا في وقت كون[6] فلك التدوير في العقدة ، فيكون الفصل المشترك بين سطح فلك البروج وبين سطح هذا المخروط قطعاً من قطوع المخروط ويكون مركز فلك البروج إما في داخل هذا المخروط وإما [ع ١٤٥ و] خارجاً عنه وإما على محيطه لأن مركز الدائرة الصغيرة إن [ن ١٢ و] كان على الخط الواصل بين مركز فلك البروج وبين مركز فلك التدوير فمركز فلك البروج ليس يكون إلا في[7] داخل القطع ، وإن[8] كان مركز الدائرة الصغيرة خارجاً عن هذا الخط أمكن أن يكون مركز فلك البروج في وقت من الأوقات على محيط القطع[9] وأمكن أن يكون في وقت من الأوقات خارجاً عن محيط القطع ، فقطر[10] فلك التدوير إذا تحرك فليس يحاذي إلا محيط القطع الذي يحدث في سطح[11] فلك البروج ويكون في كل آن[12] محاذياً لنقطة منه ، فالقطر المتحرك إما أن لا يحاذي مركز فلك البروج في وقت من الأوقات

١ – فلسوهم : ن = فليتوهم : ع .
٢ – الصغرى : ن .
٣ – — ع ، ب .
٤ – فهي : ع .
٥ – — ع .
٦ – إلا في وقت كون] الاهرب دون : ن .
٧ – — ع ؛ ب .
٨ – او ان : ع .
٩ – القطر : ن
١٠ – قطر : ع .
١١ – — ع .
١٢ – آ ن : ن .

هو الذي طرفاه البعد الأبعد والبعد الأقرب المحقَّقَين . ثم إذا تحرك فلك التدوير حول محيط الفلك الخارج المركز الحامل [ع ١٤٦ و] تحرك[١٤] قطر الفلك الحامل الذي عليه مركز الدائرة الصغيرة معه ، وتحركت[١٥] الدائرة الصغيرة معه ، وكان القطر المتحرك أبداً على محيط الدائرة الصغيرة . ومع ذلك فإنه يُتخيل أبداً خط خارج من مركز العالم إلى مركز فلك التدوير وينتهي إلى السطح الأعلى من كرة[١٦] فلك التدوير في كل وضع من أوضاع فلك التدوير ، فيحدث من ذلك الخط قطر[١٧] لفلك التدوير محاذياً[١٨] لمركز فلك البروج يكون ميلُ القطر المتحرك مقيساً إليه ، فالميل المحسوس المقيس بالأرصاد هو ميل القطر المتحرك عن القطر المحاذي لمركز فلك البروج . وعلة هذا الميل [ن ١٤ ظ] هو حركة القطر المحاذي[١٩] لمركز معدِّل المسير الذي عليه أبداً البعد الأبعد والبعد الأقرب المحقَّقَين حول الدائرة الصغيرة التي مركزها على قطر الفلك الخارج المركز الحامل . وليس يمكن أن تكون حركة القطر المتحرك إلا حول دائرة واحدة صغيرة بعينها لتكون الحركة بسيطة ومتصلة[٢٠] . وليس يمكن أن يكون مركز الدائرة الصغيرة إلا على قطر[١] الفلك الحامل حتى إذا تحرك الفلك الحامل وحرك فلك التدوير تحركت الدائرة الصغيرة . فأما الخطوط التي تخرج من مركز العالم إلى مركز فلك التدوير التي إليها تقاس الميول المحسوسة فإنها تتبدل . فلو كان مركز الدائرة الصغيرة على القطر الذي يخرج من مركز العالم لَلَزِم[٢] أن تتبدل الدائرة الصغيرة أو تكونَ حركة فلك التدوير حول مركز العالم — وهذان المعنيان محالان . فالترتيب الذي رتبته[٣] للدائرة الصغيرة وللقطر المتحرك حولها هو الترتيب الصحيح[٤] الذي لا يجوز ولا يصح[٥] غيره وهو[٦] المعنى الذي [ن ١٥ و] أشار إليه بطلميوس . وقد صح وتحرر[٧] وبطل معه الشك الذي تخيله واستشعره وزل عن الطريق المستقيم من[٨] تخيله .

١٤ — يحرك : ع .
١٥ — ويحرك : ع .
١٦ — من كرة] مركزه : ع ، ب .
١٧ — قطرا : ع ، ب .
١٨ — كذا في ن ، ع ، ب .
١٩ — الموازي : ع .
٢٠ — متصلة : ع .
١ — هان .
٢ — لزم : ع ، ب .
٣ — رتبه : ع .
٤ — — ن .
٥ — لا يجوز ولا يصح] لا يصح ولا يجوز : ع ، ب .
٦ — وهذا : ع ، ب .
٧ — ومحرر : ن = ويجوز : ع = ونحور : ب .
٨ — في : ع ، ب .

ثم قال من[9] بعد ذلك « فهذه الشكوك هي[10] التي نحتاج[11] إلى حلهـا ونحقق[12] الأصول التي لا يشك فيها » . والجواب عن هذا القول هو أن الشكوك قد انحلت وتحققت الأصول ولم يبق فيها شيء من الشكوك .

ثم قال من بعد هذا القول « ثم إني أقول من بعد هذا كله إني لم أفهم من هذه المقالة ولا من كتاب الاقتصاص[13] غير حركات كرات[14] يحيط بعضها ببعض ، وتُحرِّك الخارجة الداخلة إذا اختلف المحوران ، ثم تتحرك الداخلة بحركة تخصها . [ع ١٤٦ ظ] فإن كانت هذه الحركة هي حركة الالتفاف فهي التي فرضها بطلميوس في الأجسام التي وضعها في كتاب الاقتصاص . فلِمَ قال إن أرسطوطاليس[15] قال بحركة الالتفاف ، ولمْ يعترف[16] أنه هو أيضاً نفسه قد قال بها . »

فالجواب عن هذا القول : أما قوله « لم أفهم من هذه المقالة ولا من كتاب الاقتصاص [ن ١٥ ظ] غير حركات أكر يحيط[17] بعضها ببعض » فالجواب عنه أن الذي فَهِم من حركات الكرات المحيط[18] بعضها ببعض هو حركة الالتفاف . وإنما اعتقد أن هناك شيئاً[19] آخر هو حركة الالتفاف لأنه قدَّر في نفسه أن حركة الالتفاف هو معنى غامض خفي وفي نهاية العُسر — وليس الأمر كذلك . والعلة في هذا الاعتقاد هو اعتذار بطلميوس من هذه الحركة . وليس إذا اعتذر بطلميوس من هذه الحركة[20] وجب أن تكون في غاية العسر والخفاء وإنما اعتذر منها لأنها أعسر من جميع الحركات التي تقدم ذكرها في المجسطي[1] . وأما[2] قوله « من هذه المقالة ومن كتاب الاقتصاص » فإن جوابه أن الذي

٩ — — ع .
١٠ — — ع .
١١ — نحاج : ن = نحتاج : ع .
١٢ — ونحقق : ن = ونحقق : ع .
١٣ — + من : ع .
١٤ — — ع .
١٥ — ارسطو : ع ، ب .
١٦ — يعرف (؟) . ن = يعرف : ع .
١٧ — حركات أكر يحيط] حركات محيط : ن .
١٨ — المحيطه : ع ، ب .
١٩ — شيء : ع ، ب .
٢٠ — وليس إذا ... هذه الحركة] — ع ، ب .
١ — وإنما اعتذر ... في المجسطي] — ع ، ب .
٢ — فاما فاما : ع = فاما : ب .

فَهِم من هذه المقالة ليس هو الذي فَهِم من كتاب الاقتصاص لأن بطلميوس لم يشرح هذه الحركة في كتاب الاقتصاص ولا تأتى[٣] لترتيبها . فلو كان مولاي الشيخ فهمها من كتاب الاقتصاص لما كان يحتاج أن يسئلني[٤] عنها . فإن كان فَهِم حركات الكرات المحيط[٥] بعضها ببعض فما فهمها إلا من مقالتي التي عنده . وليس يصح أن تكون حركة [ن ١٦ و] الالتفاف التي أشار إليها بطلميوس التي يكون منها حركات العرض للكواكب الخمسة إلا على الهيئة التي بينتها والتفصيل الذي فصّلته ، وهي هيئة[٦] لا يعرض فيها شيء من المحالات ولا يلزمها شيء من الشناعات ، ويتولد منها[٧] للكوكب[٨] حركة يَحدث بها من حركة مركزه خط متخيل كأنه ملتف على جسم الكرة الصغرى المحركة لجرم الكوكب . ولالتفاف هذا الخط على جسم فلك التدوير سُميت هذه الحركة حركة الالتفاف لا لعلّة أخرى .

فأما قوله « فلِمَ قال إن أرسطاطاليس[٩] قال بحركة الالتفاف » فالجواب عنه أنه يريد أن أرسطاطاليس[١٠] قال بهذه الحركة ، يعني أنه استعمل هذا النوع من الحركات ، ولم يُرد أنه استعمل نفس الحركة التي أشار إليها بطلميوس التي هي حركة فلك التدوير . وذلك أن الحركة التي يقال إن أرسطاطاليس[١١] استعملها وقال[١٢] بها التي قيل إنها حركة الالتفاف هي[١٣] التي تتركب[١٤] من جميع حركات الكواكب مثل حركة الشمس التي هي [ن ١٦ ظ] مركبة من حركتها[١٥] من المشرق إلى المغرب على ما يراه ارسطاطاليس[١٦] ومن[١٧] حركتها من الشمال إلى الجنوب ، وهذه [ع ١٤٧ و] الحركة هي التي تتركب[١٨] عند أصحاب التعاليم من حركة الشمس من المغرب إلى المشرق على قطبي فلكها ومن تحرك الكل

٣ – تاتا : ن = ياتى : ع .
٤ – أن يسئلني] الى ان سئالني : ع .
٥ – المحيطه : ع ، ب .
٦ – هذه : ن = – ع .
٧ – (فيها ؟) : ن .
٨ – للكواكب : ع .
٩ – ارسطاطيس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١٠ – ارسطو : ع ، ب .
١١ – ارسطاليس : ن = ارسطوطالس : ع .
١٢ – وبلك : ع ، ب .
١٣ – + الحركة : ع ، ب .
١٤ – تركب : ع .
١٥ – من حركتها] فان .
١٦ – ارسطاليس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١٧ – من : ع .
١٨ – تركب : ع .

لها[19] من المشرق إلى المغرب . وبكلى[20] الوجهين يحدث لمركز الشمس حركة على خط لولبي ملتف على فلكها أحد طرفيه عند نقطة الانقلاب الصيفي والآخر عند نقطة الانقلاب الشتوي ، وهو ملتف على[1] فلك الشمس ، وهو شبيه بالخط الذي يحدث من حركات كرات فلك التدوير التي رتبت لحركة الالتفاف . فحركة الالتفاف التي يقال إن أرسطاطاليس[2] استعملها هي الحركة التي تتركب[3] من جميع حركات الكواكب .

وذكر مولاي الشيخ في رُقعته أنه أحضر كلام أرسطاطاليس[4] ففهم منه حركة الالتفاف على خلاف ما فهم من المقالة ، ويشبه[5] أن يكون فهم من كلام أرسطاطاليس[6] هذه الحركة التي ذكرتها[7] الآن . وهذه الحركة لا يذكرها[8] أصحاب التعاليم ولا يستعملونها لأنهم لا يحتاجون إليها . والذي يسميه أصحاب التعاليم حركة [ن ١٧ و] الالتفاف هو حركة فلك التدوير حول الدائرة الصغيرة ، وهذه الحركة تتركب[9] من عدة حركات ويحدث منها خط ملتف على كرة فلك التدوير ، وإلى هذه الحركة أشار بطلميوس في كتاب الاقتصاص ، وهذه الحركة يحتاج إليها أصحاب التعاليم حاجة شديدة لأن منها يتحصل حركات الكواكب في العرض .

فإنما[10] فَهِمه مولاي الشيخ من كلام أرسطاطاليس[11] غيرُ ما فَهِمه من المقالة ، لأن حركة الالتفاف التي أشار إليها أرسطاطاليس[12] هي غير حركة الالتفاف التي أشار إليها بطلميوس ، وهما يشتركان في الاسم لأنهما من نوع واحد ، وإنما استشهد[13] بطلميوس بقول أرسطاطاليس[14] في حركة[15] الالتفاف لأن الحركتين من نوع واحد .

١٩ – بها : ع ، ب .
٢٠ – وبكلا : ع ، ب ، = مكلى : ها ع ، هاب .
١ – على فلكها ... وهو ملتف على] – ع .
٢ – ارسطاليس : ن = ارسطو : ع ، ب .
٣ – تركب : ع .
٤ – ارسطو : ع ، ب .
٥ – وتنته (؟) : ع .
٦ – ارسطو . ع ، ب .
٧ – ذكر بها : ع .
٨ – يدركها : ع .
٩ – تركب : ع .
١٠ – وانما : ع ، ب
١١ – ارسطو : ع ، ب .
١٢ – ارسطالس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١٣ – وإنما استشهد] واستشهد : ع .
١٤ – ارسطاليس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١٥ – – ن .

فإن كان مولاي الشيخ يسئل[16] عن حركة الالتفاف التي يشير إليها أصحاب التعاليم فهي التي ذكرتها في المقالة التي عنده . وإن كان يسئل[17] عن حركة الالتفاف التي يشير إليها أرسطاطاليس[18] فهي التي فهمها على ما ذكر[19] من كلام أرسطاطاليس[20] . وإن كان يريد أن [ن ١٧ ظ] تكون هذه هي تلك فهذا مطلوب مستحيل لأن هذه ليست تلك وإنما هي[1] تشبهها فقط . والدليل على ذلك أن أصحاب التعاليم لا يستعملون تلك ولا يذكرونها ، أعني التي أشار إليها أرسطاطاليس[2] ، لأنهم لا يحتاجون إليها ، وأرسطاطاليس[3] لا يستعمل حركة فلك التدوير ولا يخصها بقول . وأيضاً فإن التي يشير إليها أرسطاطاليس[4] هي حركة تحدث بالعرض على تصاريف الأحوال وعلى أي صفة كانت حركات الكوكب[5] [ع ١٤٧ ظ] من غير أن يتكلف لها أجسام ولا ترتب لها حركات معينة ، لأن كل جسم يتحرك حركات مختلفة مستديرة فلا بد أن تحدث من حركاته حركة مركبة تكون[6] ملتفة ، والذي أشار إليه بطلميوس هي حركة تكلف لها أجسام[7] معينة وفرض لها حركات معينة . فهذا الذي شرحته كاف في مائية حركة الالتفاف .

ثم قال من بعد ذلك « فإن كان هاهنا شيء آخر لم أفهم هو حركة الالتفاف تفضل به وبينه » ، فعن حركة الالتفاف سألتُ التي بها يتحرك كل واحدة من كرات الكواكب الحركةَ الأولى ، إذ[8] [ن ١٨ و] كانت الكرات التي بين كرة كل كوكب وبين الكرة التي منها[9] الحركة الأولى مختلفة في وضعها وحركتها وهي التي يلزمها الإفراط في كثرة[10] العدد وتأخذ فضاءً[11] كثيراً[12] وتندفع[13] معاً إلى ناحية واحدة وهي الحركات التي يقول

١٦ – يسأل : ع .
١٧ – يسأل : ع .
١٨ – ارسطالس ن = ارسطو : ع ، ب .
١٩ – ذكره : ع ، ب .
٢٠ – ارسطالس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١ – – ع ، ب.
٢ – ارسطالس : ن = ارسطو : ع ، ب .
٣ – وارسطالس : ن = وارسطو : ع ، ب .
٤ – ارسطالس : ن = ارسطو : ع ، ب .
٥ – الكواكب : ع .
٦ – ويكون : ع ، ب .
٧ – كذا في ن ، ع ، ب .
٨ – وإذا : ع .
٩ – فيها (؟) : ن .
١٠ – كره : ع .
١١ – فضآ : ن = فضاء : ع .
١٢ – كثيرة : ع .
١٣ – وتدفع : ن = ويندفع : ع .

بطلميوس إن أرسطاطاليس[١٤] استعملها وإنها شبيهة بالالتفاف » . والجواب عنه أن هذه الحركة التي يسئل[١٥] عنها هي الحركة التي بينتها في المقالة التي عنده إذا فرضت الحركات التي في تلك الأكر في أكر مختلفة المراكز فيلزم أن تتدافع[١٦] وتحتاج إلى فضاء كثير[١٧] .

وفرْضُ أكر مختلفة المراكز تتدافع ممكن ومتيسر وعلى وجوه كثيرة ولا يتعذر[١٨] فرضها بكل وجه إذا كانت مختلفة المراكز وتتدافع وتأخذ فضاءً كثيراً ، إلا أنه مخالف للأصول التي قُرِّرت عليها حركات السماء . وإنما الصعب أن تفرض هذه الحركة في أكر لا تتدافع ولا تتراجع[١٩] ولا تحتاج إلى مكان أوسع من مكانها . والذي لا يختلف فيه أصحاب التعاليم هو أن كل حركة في السماء إذا كان ممكناً أن تكون على [ن ١٨ ظ] هيئة لا يلزم منها[٢٠] محال ولا شناعة ، وكان ممكناً أن تكون على هيئة أخرى يلزم منها محال وشناعة ، فالهيئة الأخرى باطلة . وقد تقررت هيئة هذه الحركة في المقالة التي عنده بوجه لا شناعة فيه ولا استحالة ، فهذه الهيئة الأخرى التي يسئل[١] عنها الآن هي هيئة باطلة . ومع ذلك فإن هذه الهيئة لا يحتاج إليها لان بطلميوس قد طعن عليها وبين أنه لا يحتاج إليها وذلك في نُصرته للمنشورات . وقد ذكر مولاي الشيخ قوله في شكوكه قبيل[٢] ذكره للمنشور[٣] الأصغر ، وهو قوله إنها[٤] تجدي[٤أ] — يعني المنشورات[٥] — في الحركة التي تظهر مع أنها أقل عدداً من الأكر . ويلزم منه الاستحالات والشناعات بعينها في وضع أكر يلتف بعضها على بعض سوى ما يلزم من إفراطها في كثرة العدد ، وذلك أنها[٦] تأخذ من الأثير فضاءً كثيراً ، وليس يحتاج إليها في الحركات التي تظهر للكواكب لكن إنما تندفع معاً إلى ناحية واحدة .

فقد جعل بطلميوس حاجة هذه الأكر إلى فضاء كثير[٧] وتدافعها طعناً عليها . وعلة

١٤ – ارسطالس : ن = ارسطو : ع ، ب .
١٥ – يسأل : ع .
١٦ – سدافع : ن = يتدافع : ع .
١٧ – كثر : ن = كثير : ع .
١٨ – يتذر : ع .
١٩ – ولا تتراجع] – ع ، ب .
٢٠ – فيها : ع .
١ – يسأل : ع ، ب .
٢ – قبل : ن = قبل : ع ، ب .
٣ – المنشورات : ع = المنشور : ب .
٤ – – ع .
٤أ – تجرى : ن = يجدى : ع = تحوى : ب .
٥ – المنشور : ع ، ب .
٦ – وذلك أنها] هان .
٧ – كثر : ن = كثير : ع .

هذا الطعن[8] هو أنه تبين[9] من كلام [ن ١٩ و] بطلميوس أن قوماً [ع ١٤٨ و] من أهل زمنه أنكروا عليه فرضه المنشورات فتكلم على المنشورات كلاماً طويلاً ينصر به المنشورات وطعن على الأكر بالقول الذي تقدم على طريق الإلزام لخصومه[10] ليفضل المنشورات على الأكر . وإذا كان بطلميوس قد طعن على هذه الهيئة ، وكانت هذه الهيئة[11] مخالفة للأصول المقررة لحركات الكواكب وغير محتاج إليها في حركات الكواكب ، فقد تبين أنها باطلة . وإذا كان قد تقرر لحركة الالتفاف هيئة صحيحة لا يلزم فيها شيء من المحالات ، وهي الهيئة التي بينتها في المقالة التي عنده ، فإثبات هذه الهيئة الباطلة والسؤال عنها من الأغراض الفاسدة التي لا تؤدي إلى فائدة . ومع ذلك فقد بينا هيئة[12] هذه الحركة ، وهي أنها مثل الحركة التي بالأكر التي رتبناها في المقالة التي عنده إذا كانت مراكز الأكر مختلفة لا مركزاً واحداً .

فقد أتينا على[13] كشف جميع الشبهات التي ذكرها مولاي الشيخ وبينا فسادها وأوضحنا بطلانها [ن ١٩ ظ] واستحالتها ، ولم يبق هيئة صحيحة يتم بها حركة الالتفاف غير الهيئة التي قررناها في المقالة التي عنده ، وذلك ما أردنا أن نبين .

وقد تبين لي من تضاعيف كلام مولاي الشيخ أنه يصدّق قول بطلميوس في جميع ما يقوله من غير استناد إلى برهان ولا تعويل على حجة[14] بل تقليداً محضاً . وهذا[15] هو اعتقاد أصحاب الحديث في الأنبياء صلوات الله عليهم ، وليس هذا[16] اعتقاد أصحاب التعاليم في أصحاب العلوم البرهانية . ووجدته أيضاً[17] يصعب عليه تغليطي لبطلميوس[18] ويتمعض منه ، ويظهر من كلامه أن بطلميوس لا يجوز عليه الغلط . ولبطلميوس أغلاط[19] كثيرة في مواضع كثيرة من كتبه ، فمنها أن كلامه في المجسطي إذا حُقّق فيه النظر[20] وُجد فيه أشياء كثيرة[1] متناقضة ، وذلك أنه قرر أصولاً للهيئات التي[2] يذكرها ثم أتى

٨ – الظن : ع ، ب .
٩ – أنه تبين] ان يتبين : ع .
١٠ – – ع ، ب .
١١ – وكانت هذه الهيئة] – ع .
١٢ – فيها هذه : ع ، ب .
١٣ – أتينا على] اثبتنا : ع .
١٤ – صحة : ع ، ب .
١٥ – فهذا : ع ، ب .
١٦ – هو : ع ، ب .
١٧ – – ع .
١٨ – بطلميوس : ع ، ب .
١٩ – اغلاطا : ع ، ب .
٢٠ – فيه النظر] النظر فيه : ع = النصر فيه : ب .
١ – – ن .
٢ – – ع .

بهيئات للحركات مناقضة للأصول التي قررها ، وليست موضعاً واحداً بل مواضع كثيرة ، فإن أحبّ أن أكشفها وأبينها فعلت[٣] . وقد كنت عزمت أن أعمل كتاباً في تحقيق الحق من علم الهيئة وأبين [ن ٢٠ و] فيه أولاً المواضع المتناقضة من كتاب المجسطي ثم أبين المواضع الصحيحة منه[٤] ثم أبين كيف تحُقّق المواضع المتناقضة[٤أ] . وله أغلاط[٥] في كتاب المناظر ، فمنها غلط في البرهان في شكل من المرايا يدل على ضعف تصوره . فأما كتاب الاقتصاص فإن المعاني التي ذكرها في المقالة الثانية والهيئات التي قررها بالأكر والمنشورات إذا حُقق النظر [ع ١٤٨ ظ] فيها بطل أكثرها[٦] واضمحل .

وفي عاجل الحال قد بينت[٧] غلطه في هذا الجواب في المنشورين اللذين فرضهما لفلك التدوير ، وأوضحته بالبرهان الذي لا شك فيه ، وبينت أنه على أي وضع فُرض المنشوران[٧أ] عرض منهما المحال الذي لا عذر فيه . فإن كان مولاي الشيخ يمكنه أن يفرض للمنشورين اللذين ذكرهما لحركة فلك التدوير وضعاً يتم به حركة فلك التدوير حول الدائرة الصغيرة من غير أن يخرج أحد المنشورين عن مكانه[٨] ، ومن غير أن ينقلب[٩] فلك التدوير ، فيقرره مولاي الشيخ ويبينه وينفذه إليّ . فإن الوضع [ن ٢٠ ظ] الذي قرره مولاي الشيخ لهذين المنشورين الذي اعتقد أنه لا يعرض فيه محال قد بطل واضمحل . ولعله إذا أنعم النظر في هذين المنشورين يلوح له وجه صحيح ، فإن أمكنه أن يقرر لهذين المنشورين وضعاً صحيحاً فإنه إذا أنفذه إلي ووقفت عليه شكرته عليه شكراً دائماً واعتذرت له به وأتوب من بعده أن أغلّط بطلميوس في شيء من أقاويله . وإن لم يمكنه أن يفرض للمنشورين وضعاً يتم به حركة فلك التدوير حول الدائرة الصغيرة من غير أن يلزم منه محال فقد صح أن بطلميوس قد غلط ووجب على مولاي الشيخ أن يعترف[١٠] بغلط بطلميوس ووجب عليه أن يتوب من الامتعاض له ويتوب من تقليده ومن تصديقه في شيء من أقاويله التي لا يأتي معها ببرهان[١١] ولا حجة .

٣ – وأبينها فعلت] واثبتها فقلت : ع .
٤ – – ع ، ب .
٤أ – – ع ، ب.
٥ – اغلاطا : ع .
٦ – البرهان : ع ، ب .
٧ – ثبت : ع .
٧أ – المنشوران] المنشورات : ع ، ب .
٨ – كلامه : ع .
٩ – بعله : ن = ينقلب : ع .
١٠ – يعرف : ع .
١١ – برهان : ع ، ب .

وأنا أتوقع الجواب عن هذا الفصل الأخير لأبني[12] الأمر عليه ، فإن رأى مولاي الشيخ أن يخم[13] بهذا الجواب ويقدمه[14] ، وإن كان قد بقي في نفسه شيء من شكوك حركة الالتفاف ذكره لأكشف الشبهة فيه[15] إن شاء الله[16] .

والحمد لله وصلاته على سيدنا محمد وعلى آله وسلم[17] .

قوبل بالأصل وصح[18] .

١٢ – لا تمم : ع = لايمم : ب . ١٣ – غير واضحة في ن .
١٤ – غير واضحة في ن .
١٥ – فإن رأى ... الشبهة فيه] – ع ، ب .
١٦ – + تمت مقالة حل شكوك حركة الالتفاف : ع ، ب .
١٧ – والحمد لله ... وسلم] والحمد لله رب العالمين : ع = – ب .
١٨ – قوبل بالأصل وصح] كذا في ن .

ملحق

بعد الانتهاء من تحقيق مقالة ابن الهيثم على نسختي ليننغراد وإستانبول وتقديمها للمطبعة تمكنت من الحصول على ميكروفلم للمخطوط رقم ٢٩٧٠ (شرقي ، قطع الثمن) المحفوظ في المكتبة العامة ببرلين الشرقية الذي كان يُعتقد أنه ضاع في الحرب العالمية الثانية . وإني أتقدم بالشكر للمكتبة على تفضلها بتزويدي بهذا الميكروفلم .

والمخطوط المحفوظ في مكتبة برلين الشرقية يحتوي على عدة مقالات معظمها لابن الهيثم وبعضها بخط « قاضي زاده » (الرومي) ، العالم الرياضي الذي نشأ في تركيا وعَمِل في ما بعد في خدمة أولُغ بك الذي ولاه الإشراف على المدرسة الشهيرة التي أنشأها في سمرقند. وقد جاء في آخر « رسالة » منسوبة إلى « يحيى بن أحمد الكاشي » في مساحة بسيط الكرة وتكسير الشكل الشبيه بالمعين أنها بخط « قاضي زاده » وأنه وقع الفراغ من تنميقها « في العاشر من ربيع الآخر سنة سبع عشرة وثمانمائة وكان ذلك في سمرقند » (صفحة ٢١ ظ). وجاء أيضاً في آخر « رسالة ابن الهيثم المستقصاة في الأشكال الهلالية » أنه تم تحريرها « في

اليوم الثاني من شعبان سنة ٨٣٩ » ، دون النص على أن محررها هو قاضي زاده .

أما مقالة ابن الهيثم في « حل شكوك حركة الالتفاف » التي نجدها في هـــذا المخطوط (ص‌ص ١١٨ و – ١٢٧ و) فلم يُنص على اسم ناسخها أو تاريخ نسخها ، ولكن المرجح أنها ترجع إلى نفس الفترة التي نسخت فيها الرسالتان السابقتان . وعلى كل حال فقد تبين من مراجعة المقالة في هذا المخطوط على نسخة إستانبول (عـــاطف ١٧١٤) أن هـــذه الأخيرة منقولة عنها . لذلك رأينا لزاماً علينا أن نثبت القراءات المختلفة من مخطوط برلين (ورمزه ب) في جهاز التحقيق ، وما لم يمكن إدراجه بسهولة في هذا الجهاز نثبته في القائمة التالية . على أننا لم نجد في هذه القراءات المختلفة ما يدعونا إلى تغيير النص المحقّق ، وذلك بسبب اعتمادنا أولاً على مخطوط لينتغراد وهو أفضل وأقدم من مخطوطي برلين وإستانبول .

قائمــة

بالقراءات المختلفة في مخطوط (ب) التي لم تدرَج في جهاز التحقيق

(أرقام الصفحات والسطور تشير إلى هذه الطبعة)

ص ١٨٦ ، س ٧ : فان سألني] فاذا سالني : ب

ص ١٨٨ ، س ١٩ : انحرف] انحراف : ب

ص ١٨٩ ، س ١٠ : والذي] فالذى : ب .

ص ١٨٩ ، س ١٢ : ويفنى] + وبمى : ب .

ص ١٨٩ ، س ١٣ : مسيره] مسيرة = ب .

ص ١٨٩ ، س ١٨ : في جميع أفلاك التداوير]+ واذا لم يكن بطلميوس قال هذا القول في جميع أفلاك التداوير : ب .

ص ١٨٩ ، س ٢١ : وهي اعتقاده] وبقى اعتقاده : ب .

ص ١٩١ ، س‌س ٤ ، ١١ : أكثر] اكبر : ب

ص ١٩١ ، س ٨ : سطح] سطحى : ب

ص ١٩٢ ، س ١٧ : الفلك الخارج] + المركز : ب

ص ١٩٣ ، س ٢٣ : الفلك] فلك : ب .

ص ١٩٤ ، س ١٨ : وتبين] وبنبسى : ب .

ص ١٩٨ ، س ١٧ : الذي تبين] الذى قد دس : ب .

ص ١٩٨ ، سطر ١٧ : من حركة] فى حركه : ب .

ص ١٩٩ ، س ١٨ : الفلك الحامل] الحامل : ع = الفلك : ب .

ص ٢٠٠ ، س ٥ : وضع] موضع : ب .
ص ٢٠٠ ، س ١٣: تحركت] محركت : ب .
ص ٢٠١ ، س ٢ : والجواب] فالجواب : ب .
ص ٢٠١ ، س ٥: غير] من غير : ع ، ب .
ص ٢٠١ ، س ١٤ : وفي] في : ع ، ب .
ص ٢٠٢ ، س ٢ : فلو] ولو : ب .
ص ٢٠٢ ، س ١٥ : الكواكب] الكوكب : ب (قراءة أصح من ن ، ع) .
ص ٢٠٣ ، س ٥ : الكواكب] الكوكب : ع ، ب (قراءة أصح من ن) .
ص ٢٠٣ ، س ١٤ : فهمه مولاي] فهم مولاي : ع ، ب .
ص ٢٠٣ ، س ١٤ . فهمه من] فهم من : ع ، ب .
ص ٢٠٥ ، س ١ : والجواب] فالجواب : ب .
ص ٢٠٦ ، س ١ : أنه] ان : ب .
ص ٢٠٦ ، س ٣ : تقدم] نقوم : ب .
ص ٢٠٦ ، س ٦ : فيها [منها : ب .
ص ٢٠٧ ، س ٩ : المنشوران] المنشورات : ب .
ص ٢٠٨ ، س ٣ : إن شاء الله] انشآء الله : ب .

الصفحتان (١ ظ) ، (٢ و) من مخطوط ليننغراد ، المتحف الأسيوي ، رقم شرقي ب ١٠٣٠

بسم الله الرحمن الرحيم [illegible] الحسن بن
الحسن بن الهيثم في حل شكوك حركة الالتفاف
وقفت على شكوك مولاي الشيخ وتأملتها فتبين لي اولا
في تضاعيف كلامه فيها انه قد استغلق ثلاثة معاني التي شككته و
عدلت به عن اضاءة الحق الى ظلمة التشكك واول هذه
المعاني انه اخذ كلام بطلميوس على ظاهره من غير تأول ولا تعقب ولا اعتبار
وهذا غلط على بطلميوس لانه لو اخذ جميع كلام بطلميوس
على ظاهره من غير تأول فيه ولا فحص عنه لبطل اكثر المجسطي
والدليل على صحة هذا القول انه يستعمل في اكثر المعاني التي ذكرها في
المجسطي لا تتضاد لقلة الشرح والتقريب دون التحقيق وما هذه
صفته من الكلام اذا اخذ على ظاهره كانت نتائجه غير ما قصده
الرجل والثاني من المعاني الثلاثة هو انه اذا تخيل من المعاني المشكل
في صحته ولم يجوز فيه الاختلال فاذا سال عنه فيريد ان يكون جوابه
مصححا لما تخيله وهذا غير الواجب لانه لو كان كل ما تخيله الانسان
حقا لما كان في العالم ظن هو اثم والله تبارك وتعالى يقول ان
بعض الظن اثم والثالث من المعاني هو انه استشعر ان حركة
الالتفاف هو معنى غامض خفي فنونه لا يتخلص ولا يتحصل الا
بعد تعب طويل وانه مثل عنقاء مغرب وحركة الالتفاف
اقرب ما ذهب اليه وايسر ووقع هذا الاستشعار وهو اعتذار
بطلميوس وانما اعتذر بطلميوس من حركة الالتفاف لانه
في المجسطي يعتقد ان الحركات السماوية هي حركات بسيطة وحركة الالتفاف
ليست بسيطة فلذلك اعتذر منها لا من اجل انها في غاية
العسر والصعوبة حتى لا يمكن احدا ان يبحث عنها فهذه المعاني
الثلاثة هي التي اوقعته في التشكك وانا ابين فيما بعد انه
استعمل هذه المعاني عند كلامه في الشكوك وقد رتبت هذه المقدمة

٥١٥

صفحة (١٣٩ظ) من مخطوط المكتبة السليمانية (إستانبول)،
مجموعة عاطف، رقم ١٧١٤

The Leningrad manuscript is almost completely lacking in diacritical points, but I found it to be on the whole better and more reliable than the Istanbul manuscript, as can be judged from the critical apparatus. On the other hand the Istanbul MS. was of help in reading some expressions in the Leningrad MS. which otherwise would have been problematic. The text that has been constructed from these two MSS. is, I believe, free from textual puzzles, perhaps with a few minor exceptions. Punctuation, vowelling and the use of quotation marks have been added to clarify the arguments in which quotations within quotations sometimes occur.

Note added in proof: After this article was submitted for publication I was able to obtain a microfilm of a third copy of Ibn al-Haytham's *maqāla* which I had believed to be no longer in existence. This copy occupies pp. 118^a - 127^a in cod. or. oct. 2790, listed in Brockelmann, *GAL*, I^2, Leiden, 1943, p. 618, no. 19, and now preserved in the Deutsche Staatsbibliothek in East Berlin. Te codex contains several works most of which are by Ibn al-Haytham and some of which were transcribed by Qāḍī Zāda, the Turkish mathematician who directed the school established by Ulugh Beg in Samrqand, and who died ca. 1436. One *maqāla*, by Yaḥyā b. Aḥmad al-Kāshī, was copied by Qāḍī Zāda in A. H. 817/A. D. 1414 at Samarqand (fol. 21^b). Another, Ibn al-Haytham's "longer treatise" on lunar figures, was copied in A. H. 839/A. D. 1436 (fol. 43^b). The *maqāla* on *Ḥall shukūk ḥarakat al-iltifāf* is not dated, but seems to have come from the same period. The Berlin copy is not as good or as old as the Leningrad MS. (See above, note 10), but it turns out to be the source of the Atif copy, as is apparent from comparing the two. Variant readings from the Berlin MS have now been incorporated in the critical opparatus or, when this was not convenient, added at the end of the text. Except for two or three instances, no improvements of the edited text itself were made necessary by the Berlin MS.

lost treatise on the movement of *iltifāf* which it paraphrases and sometimes quotes. It must therefore be taken into account in any study of the history of later investigations, such as those of Ṭūsī, his colleagues at Marāgha, and Ibn al-Shāṭir. The treatise is also interesting as an example of scientific controversy in eleventh-century Islam.

My edition of *Ḥall shukūk ḥarakat al-iltifāf* is based on two copies of which one is preserved at Leningrad, Asiatic Museum, MS. Or B 1030, fols. 1b-20b,[10] and the other at Istanbul, MS. Atif 1714, dated A.H. 1158, fols. 139b-148b.[11]

planets a true and unobjectionable arrangement (other than the one asserted by Ptolemy) by means of bodies that have a permanently uniform and continuous motion from which no impossibility follows" (*ibid.*, p. 34).

Trials to modify the Ptolemaic models so as to remove the objectionable character of the equant appear to have taken place some two hundred years before Ṭūsī. We learn this from a polemical work which Maḥmūd ibn Masᶜūd al-Shīrāzī (the pupil of Naṣīr al-Dīn) wrote in the thirteenth century. (The work is entitled *Faᶜalta fa-lā talum*, which may be translated, somewhat freely, as "you asked for it", or more literally "you've done it, so don't put the blame [on me]". It is a loquacious and vituperative reply to a contemporary (Muḥammad ibn ᶜAlī ibn al-Ḥusayn al-Ḥ(i)mādhī) who had written a commentary on Ṭūsī's *Tadhkira (Tibyān maqāṣid al-Tadhkira)* in which he had "plagiarized" Shīrāzī's *Tuḥfa*. The work is full of information which is certain to throw a great deal of light on the history of Islamic astronomers and astronomical research, particularly in thirteenth-century Marāgha. Several copies are extant; I have used the Tehran MS. Majlis-i Shūrā 3944, of which the Institute for Arabic Manuscripts in Cairo has a microfilm (no. 228 Baᶜthat Īrān). The manuscript, which comprises 232 folios, is dated A.H. 826 and claims to have been copied from the author's autogragh *(sawād)*. On page 6b Shīrāzī reports that "Abū ᶜUbayd al-Jūzjānī, the pupil of al-Shaykh, composed a book which he titled *Tarkīb al-aflāk (Construction of the Spheres)* and in which he claimed to have resolved the equant problem *(ishkāl muᶜaddil al-masīr)*". Shīrāzī did not think much of the solution which, he said, was not worthy of a beginner, let alone an expert in astronomical science. There can be little doubt that the Jūzjānī in question is Abū ᶜUbayd ᶜAdb al-Wāḥid ibn Muḥammad al-Jūzjānī, the pupil of Ibn Sīnā (d. 1037), who prodded his teacher into writing the famous *Kitāb al-Shifā'*, who engaged in astronomical observations over a period of eight years (W.E. Gohlman, *The Life of Ibn Sīnā*, Albany, N.Y., 1974, pp.66-68,80), and who was responsible for adding a mathematical section to Ibn Sīnā's *Kitāb al-Najāt* (G. Anawati, *Mu'allafāt Ibn Sīnā*, Cairo, 1950, pp. 94-96).

The word "Shaykh" in the sentence quoted from Shīrāzī's book is a title commonly applied to Ibn Sīnā in the usual honorific conjunction "al-Shaykh al-Ra'īs". Shīrāzī's statement thus shows that the effort to improve Ptolemy's models began at least as early as the eleventh century, perhaps shortly after Ibn al-Haytham (who died only a few years after Ibn Sīnā) wrote the *Shukūk*.

10. V. Rosen, *Notices sommaires des manuscrits arabes du Musée asiatique*. Première livraison, St. Petersburg, 1881, MS. no. 192 in the catalogue. This codex must have been transcribed sometime in or before the second decade of the seventh century after the *hijra*, the time in which it was "checked" *(ᶜūriḍa)*, as is stated on the back of the right-hand cover. The colophon further claims that the whole volume was checked *(qūbila)* and corrected against the original "which is in the author's hand". The manuscript does show signs of having been improved.

11. Max Krause, "Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker", *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Abteilung B: Studien, Band 3 (1936), p. 478, work no. 29. The title is mistakenly translated here as "Über die Lösung der Schwierigkeiten der Bewegung der Schiefe der Ekliptik". See also Carl Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur*, I² (Leiden, 1943), p. 618, no. 19; Supplementband I (Leiden, 1937), p. 852.

The *Planetary Hypotheses* failed to provide an arrangement of spherical bodies that would produce the variations, and it was Ibn al-Haytham in the eleventh century who took up the challenge to devise such an arrangement. This he set out to achieve in a "Treatise on the Movement of *Iltifāf*" (*Maqāla fī ḥarakat al-iltifāf*).[6] This treatise is now believed to be lost, but it was available to Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī in the thirteenth century and possibly also to Ibn al-Shāṭir in the fourteenth century.[7] Ṭūsī reports in the *Tadhkira* that Ibn al-Haytham's arrangement introduced two additional spheres for the epicycle of each of the five planets and two more for Venus and Mercury.

During Ibn al-Haytham's life someone wrote a critique of his *Maqāla fī ḥarakat al-iltifāf*, casting doubt on some features of the proposed model and asking questions about obscure points. (It is interesting to note that one of these questions implies a confusion between the *iltifāf* that Ptolemy attributes in the *Planetary Hypotheses* to Aristotle's system and the *iltifāf* involved in Ptolemy's theory of latitudes.) This critique is also lost; but we have Ibn al-Haytham's reply to it, entitled *Ḥall shukūk ḥarakat al-iltifāf*, which we publish in this issue.

Ibn al-Haytham's *Ḥall* is one more illustration of the direction of research of Arabic astronomers which resulted from confronting the abstract models of the *Almagest* with their proposed physical counterparts in the *Planetary Hypotheses*. Other illustrations include Ibn al-Haytham's *al-Shukūk ʿalā Baṭlamyūs*,[8] the *Tadhkira* of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, and the *Nihāyat al-sūl* of Ibn al-Shāṭir, among others. It is becoming increasingly clear that the modifications of the Ptolemaic models at the hands of thirteenth- and fourteenth-century astronomers at Marāgha and Damascus were undertaken as a response to objections raised by Ibn al-Haytham against what he called "false" Ptolemaic arrangements.[9] The present treatise gives us an account of the earlier

second diameter about the small circles perpendicular to the plane of the deferent is known as *iltiwā'* (twisting):

wa-tūṣafu hādhihi l-ḥaraka bi-l-iltiwā'. Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, in Chapter 10 of the *Tadhkira*, combined all these descriptions, saying that the latitude due to the slant is known as *inḥirāf*, *wirāb*, *iltiwā'* and *iltifāf* (Leiden MS. Or. 905, fol 42a).

6. This is no. 61 in Ibn Abī Uṣaybiʿa's List III; see article on Ibn al-Haytham in *Dictionary of Scientific Biography*, (New York, 1972), vol. VI, p. 207, work no. III 63.

7. Ṭūsī refers to Ibn al-Haytham's "maqāla" in the course of a discussion of planetary latitudes in the *Tadhkira*, but without mentioning the complete title (Leiden MS. Or. 905, fol. 49a, also, fol 50a). His description of Ibn al-Haytham's treatise makes it virtually certain that he was directly acquainted with it. Ibn al-Shāṭir, in Bk. I, Chapter 24 of *Niyāyat al-sūl*, also mentions a "*Risāla*" by Ibn al-Haytham on planetary latitudes, again without quoting a complete title. But he may have been reporting what he had learnt from Ṭūsī's *Tadhkira* (Bodleian MS. Marsh 139, fol. 31b).

8. Edited by A. I. Sabra and N. Shehaby, Cairo, 1971.

9. Ibn al-Haytham concludes his criticism of Ptolemy's equant model by these words: "It is manifest from all that we have mentioned that the arrangement (*hay'a*) which Ptolemy proposed for the movements of the five planets is a false arrangement, and that there exists for the motions of these

It is clear that Ptolemy here refers to the Aristotelian contribution to the Eudoxan-Callippan system, in which a set of "counteracting" spheres is inserted between the nest of spheres associated with a higher planet and the nest immediately below it, the function of the inserted spheres being to cancel the combined motion of all the higher spheres except the daily east-to-west motion which alone is passed on to the lower nest.[2] It may be noted that when Ibn Rushd (in his large commentary on Aristotle's *Metaphysics*, *Tafsīr Mā baʿd al-ṭabīʿa)* paraphrases this passage from the *Planetary Hypotheses*, he uses "*ḥarakāt lawlabiyya*" (spiral motions) rather than "*ḥarakāt shabīha bi-l-iltifāf*".[3] "*Lawlabiyya*" (spiral) is in fact the word which in the Arabic translation of the *Metaphysics* that was used by Ibn Rushd conveyed Aristotle's understanding of the role of the inserted spheres as *anelittousai* or counteracting.[4]

However, in Arabic astronomical works the word *iltifāf* came to have a more restricted meaning which is that intended in the title of Ibn al-Haytham's treatise: *Ḥall shukūk ḥarakat al-iltifāf*. Still implying a motion compounded of circular motions this word is here used to refer specifically to a movement which each planet is imagined to trace out round the surface of its epicyclic sphere as a result of the movements attributed by Ptolemy to the plane of the epicycle to produce the variations in latitude. To account for these variations the *Almagest* assumes in the case of all five planets that the diameter through the epicycle's apogee oscillates so as to vary the angle of inclination or deviation *(egklisis: mayl)* between the plane of the epicycle and that of the deferent. In the case of the two inner planets a second diameter perpendicular to the first in the plane of the epicycle also oscillates in such a way as to vary what is called the slant *(loxōsis : inḥirāf)* of the epicycle to the deferent. The *Almagest* further proposes a mechanism designed to produce the oscillations by making the ends of both diameters turn about small circles perpendicular to the plane of the deferent.[5]

2. Aristotle, *Metaphysics*, XII, 8, especially at 1074a 1-15; Loeb edition, vol. II, London and Cambridge, Mass., 1962, p. 159.

3. Averroès, *Tafsīr Mā baʿd al-ṭabīʿa*, ed. Maurice Bouyges, S. J., vol. III, Beirut, 1948, p. 1662, lines 8-13. Ibn Rushd's understanding of Ptolemy's position and of the role of what he calls "*ḥaraka lawlabiyya*" in Aristotle *(ibid.*, pp. 1671-7) raises interesting questions which cannot be discussed here.

4. *Ibid.*, pp. 1668-1670.

5. *Almagest*, XIII, 1-6. Accounts of Ptolemy's theory of planetary latitudes are in Olaf Pedersen, *A Survey of the Almagest* (Odense University Press, 1974), Chapter 12; and O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (New York, Heidelberg and Berlin, 1975), part I, pp. 206 ff. The *deviation* of the diameter through the epicycle's apogee and the *slant* of the second diameter are called *mayl* and *inḥirāf* respectively in the Isḥāq-Thābit translation of the *Almagest*, British Library MS. Add. 7475 (dated A.H. 615). Al-Bīrūnī, in the *Tafhīm*, calls the slant *wirāb*; and he calls the latitude due to variation of the slant *ʿarḍ al-wirāb* and *ʿarḍ al-iltiwāʾ* (R. Ramsay Wright, ed. and trans., *The Book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology* by . . . al-Bīrūnī (London, 1934), p. 103). In *al-Qānūn al-Masʿūdī* (Hyderabad Dn., 1956), vol. III, p. 1317, line 10, Bīrūnī says that motion of the

Ibn al-Haytham's Treatise: Solution of Difficulties Concerning the Movement of Iltifāf

A. I. Sabra*

Summary and Introduction

IN THE ARABIC translation of Ptolemy's *Planetary Hypotheses* the word *iltifāf* (from *iltaffa*, to turn round, and *laffa*, to roll up, wind) is used to refer generally to a movement composed of circular movements about different poles. At the beginning of the second part of this book Ptolemy discusses alternative ways of representing planetary motions in terms of physical bodies. He states first that the phenomena can be produced either by the motion of solid spheres *(ukar muṣmaṭa)* and spherical shells *(ukar mujawwafa)*, or by the motion of slices *(manshūrāt)* of such spheres and shells. Mathematical reasoning *(qiyās taᶜlīmī)*, he says, would have no preference for one of these modes of representation over the other. But some people, he goes on to say, were led by physical reasoning *(qiyās ṭabīᶜī)* to conceive of complete spherical bodies *(ukar tāmma)*, because they found the revolution about fixed poles thus easier to imagine. Being familiar with what men construct with their own hands, they preferred the latter mode of representation "as Aristotle also did, so that the poles of the contained spheres would be fixed in the containing spheres. Then, since no connection existed between the inner spheres *(al-ukar al-dākhila)* and the first, outermost sphere *(al-kura al-khārija al-ūlā)*, and since the spheres do not all have the same speed but rather are subject to various inequalities, they were obliged to seek knowledge of the means by which every planet participates in the primary motion, as is visible and apparent to us; for the spheres that exist between us and [the outermost sphere] vary in respect of their position and movement; and it is for this reason that Aristotle used the movements that are similar to *al-iltifāf* *(al-ḥarakāt allatī takūnu shabīhan* [sic] *bi-l-iltifāf)*".[1]

*History of Science Department, Harvard University, Science Center 235, Cambridge, MA 02138 U.S.A. Thanks are due to the Asiatic Museum at Leningrad, the Süleymaniye Library at Istanbul and the Staatsbibliothek in East Berlin for supplying microfilms of the text published in this issue. This research was completed during tenure of grants from the National Endowment for the Humanities and the National Science Foundation, U.S.A.

1. Bernard R. Goldstein, ed., "The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses*," *Transactions of the American Philosophical Society*, new series, vol. 57, part 4, 1967, pp. 36-38, esp. p. 37, line 24 - p. 38, line 3. See also p. 4, line 6; p. 43, line 21; p. 44, lines 1, 3, and 4; in some of these occurrences *iltaffa* means to envelop, surround. The Greek text of the second part of the *Planetary Hypotheses* *(Kitāb al-Iqtiṣāṣ* also known as *Kitāb al-Manshūrāt)* has not survived.

ابن الهيثم وعمل المسبّع

رشدي راشد

المقـدمـة

لقد صنف ابن الهيثم رسالتين في المسبع ، الأولى هي « **مقدمة ضلع المسبع** » والثانية هي « **في عمل المسبع** » ، هذا ما نعرفه من تاريخ الحكماء لجمال الدين القفطي ومن عيون الأنباء لابن أبي أصيبعة .

١ – مقدمة ضلع المسبع :

هذا هو اسم الرسالة كما نجده مذكورا في تاريخ الحكماء ، ولكن إن رجعنا إلى عيون الأنباء نرى أن ابن أبي أصيبعة يشير إلى نفس الرسالة باسم آخر وهو « قول في استخراج مقدمة المسبع » . ونظن أن هذا الاسم الأخير هو أقرب إلى تسمية ابن الهيثم لرسالته من الأول وذلك لسببين : أولهما هو أن القفطي يذكر هذا الاسم نقلاً عن فهرست لكتب ابن الهيثم إلى آخر سنة ٤٢٩ هجرية (١٠٣٨ – ١٠٣٩) ، وثانيهما هو أن ابن الهيثم في رسالته الثانية يتكلم عن الأولى ويقول « وقد بينا نحن المقدمة التي استعملها أرشميدس في قول مفرد غير هذا القول » أي في « استخراج ضلع المسبع » . وهذه الرسالة هي مخطوطة India Office (ff. 122-123) 734/21 . « فصل للحسن بن الحسن بن الهيثم في مقدمة ضلع المسبع » . وكلمة « فصل » التي يكررها الناسخ مرة أخرى في نهاية الرسالة لا تتفق مع الكلمة التي وصف بها ابن الهيثم رسالته وكررها ابن أبي أصيبعة فيما بعد ، أي كلمة « قول » . فكلمة « فصل » تبدو تحريفا من الناسخ لكلمة « قول » فهي وإن كانت تشير إلى البيان والحكم فهي أيضا تدل على القطع والحجز والتميز ، ولكن هذه الرسالة قصيرة لا تتضمن فصولا متمايزة .

وهناك مخطوطة أخرى بمكتبة البودليان بأكسفورد وهي Thurston 3 (f. 131) « من كلام ابن الهيثم على مقدمة أرشميدس في ضلع المسبع » . وبفحص ومقارنة المخطوطتين انتهينا إلى أن مخطوطة أكسفورد هي تحرير مختصر لهذه الرسالة وليست بالنص نفسه . وهذه

النتيجة متضمنة مسبقاً في اسم الرسالة نفسها حسب مخطوطة أكسفورد . فلقد كتب الناسخ « من كلام » ولم يؤكد أنه كل كلام ابن الهيثم . وبالفعل لا نجد في مخطوطة أكسفورد الفقرة الأولى من الرسالة — أعني من البسملة إلى « فأما كيف » — ولا الفقرة الأخيرة منها — أعني من « فقد تبين » إلى « وذلك ما أردنا أن نبين » . هذا زيادة على اضطراب سطورها الأخيرة . أما عن التحرير نفسه فهو اختصار واضح لرسالة ابن الهيثم ، ولبيان هذا فلنأخذ السطور الأولى من الرسالة .

نجد في مخطوطة India Office :

« فأما كيف نعمل المربع على الصفة التي شرطها ، فإنا نرسم المربع الذي ذكره وهو مربع اب جد ونخرج اج كما فعل ونخرج خط اد إلى ه ونخرج خط ب زح ونفرض مثلث ح د ه مساويا ب ز ج على جهة التحليل » .

ولقد كتب هذا النص نفسه في مخطوطة أكسفورد هكذا :

« فأما كيف نعمل المربع على الشريطة المذكورة : نرسم مربع اب جد ونخرج اج و اد إلى ه و ب زح ونفرض ح د ه ك ب ز ج على جهة التحليل » .

ومن البين أن أسلوب نص أكسفورد لا يتفق مع الأسلوب المعهود لابن الهيثم ، فكل من قرأ ابن الهيثم يعرف أنه لا يحب الاختصار الذي قد يضر بالمعنى . وبشكل عام فكل ما ينقص مخطوطة أكسفورد نجده في مخطوطة إنديا أوفس ، والعكس غير صحيح ، وكل ما يجب إضافته إلى هذه المخطوطة الأخيرة حتى يستقيم المعنى يجب أيضا إضافته إلى الأولى . ومن ثم نستطيع أن نؤكد أن مخطوطة اكسفورد هي تلخيص لنفس الأصل الذي ترجع إليه مخطوطة إنديا أوفس. ولهذا حققنا نص هذه المخطوطة الأخيرة . ولقد نسخت في القرن العاشر حسب تقدير فهرست Loth .

وهناك مخطوطة ثالثة لنفس النص وهي أيضا بالبودليان بأكسفورد - Marsh 720 (ff. 259r - 260v) ويمكننا أن نجزم أن هذه المخطوطة ما هي إلا نقل حديث لمخطوطة Thurston 3 التي تحدثنا عنها ، ولهذا لم نأخذها بعين الاعتبار في تحقيقنا لرسالة ابن الهيثم .

٢ – في عمل المسبع :

لقد ذكر جمال الدين القفطي وابن أبي أصيبعة هذه الرسالة وبهذا الاسم . وهي مخطوطة وحيدة تم نسخها من مخطوطة أخرى سنة ١١٥٨ هجرية :

عاطف ١٧١٤ – ١٩ ، ص ٢٠٠ – ب إلى ٢١٠ – ا . (استانبول)

والخط حسن ولكن لم يتم الناسخ رسم الأشكال في أغلب الأحوال والشكل الذي رسمه لا يظهر بوضوح في الصورة التي عملنا عليها . ولهذا أعدنا رسم الأشكال حسب النص مما يفسر ظهور بعض القطوع المخروطية كاملة لا النصف فقط كما هو معهود ومعروف في رياضيات عصر ابن الهيثم . ويظهر نفس الشكل مرة عند التحليل وأخرى عند التركيب في المخطوطة ، ولكننا لم نرسمه إلا مرة واحدة بين التحليل والتركيب . ولقد استعملنا الرموز التالية في التحقيق .

[ ] نقترح حذف ما بينهما

< > ما بينهما كلامنا

/ انتهاء صفحة المخطوطة

ولقد قمنا بتنقيط النص عند اللزوم دون الإشارة إلا إذا تعددت الاحتمالات فأثبتنا نص المخطوطة في أسفل الصفحة .

١-١٢٢

بسم الله الرحمن الرحيم

العزة لله

فصل[١] للحسن بن الحسن بن الهيثم في مقدمة ضلع المسبع

إن[٢] أرشميدس بنى ضلع المسبع على المربع الذي قدمه ولم يبين[٣] كيف نعمل المربع على الصفة التي شرطها ، وإنما لم يبين[٣] ذلك لأن عمل المربع على الصفة التي شرطها إنما يكون

١ – مطموسة وتنتهى بياء فكأنها فصلى ولكن الرسالة تنتهى بـ « تم الفصل » ولهذا آثرنا هذه الكلمة والأخرى « قول » كما بينا في المقدمة . ٢ – مطموسة . ٣ – نبين .

بقطوع المخروطات ولم يكن ذكر في كتابه – الذي يذكر المسبع في آخره – شيئا من قطوع المخروطات ، فلم ير أن يخلط بالكتاب ما ليس من جنسه فأخذ المربع مقسما[4] وبنى عليه ضلع المسبع . فأما كيف نعمل المربع على الصفة التي شرطها : فإنا نرسم المربع الذي ذكره وهو مربع ا ب جـ د ونخرج ا جـ كما فعل ونخرج خط ا د إلى ه ونخرج خط ب ز ح ونفرض مثلث ح د ه مساويا لمثلث ب ز جـ[5] على جهة التحليل . ونخرج خط ك ز ط موازيا لـ ب ا كما فعل ، فيكون ضرب د ا في ا ط مساويا لمربع د ه كما بين أرشميدس . ونصل ب د فهو يقطع قطر ا جـ بنصفين لأن مربع ا ب جـ د متوازي الأضلاع قائم الزوايا . فليقطعه على نقطة م ، فيكون مثلث ب م جـ مساويا لمثلث ا م د . ولأن مثلث ه د ح مساو لمثلث ب ز جـ يكون مثلث ب م جـ مساويا[6] لمثلث ه ز جـ مع مثلث ب م ز ، ومثلث ب م جـ مثل مثلث ا م د ، فمثلث ا م د مساو لمثلثي ه د ح ب م ز . ونأخذ منحرف م د ح ز مشتركا ، فيكون مثلث ب د ه مساويا[6] لمنحرف ا د ح ز . وليكن مثلث ب ه ل مثل مثلث جـ ز ح ، فيكون مثلث ب د ل مثل مثلث ا د جـ ، وهما بين خطين متوازيين . فخط ل د مثل خط د ا ويكون نسبة مثلث ب د ل إلى مثلث ب ه ل كنسبة مثلث ا د جـ إلى مثلث جـ ح ز[7] . ونخرج خط ح ن عمودا على خط ز جـ[8] ، فيكون ضرب ح ن في نصف ز جـ[8] مساويا لمثلث ح ز جـ وضرب د م في نصف ا جـ مساويا لمثلث ا د جـ لأن د م عمود[9] على ا م إذا كان المربع متساوي الأضلاع ، فنسبة مثلث ا د جـ إلى مثلث جـ ز ح مؤلفة من نسبة د م إلى ح ن – التي هي نسبة د جـ إلى جـ ح – ومن نسبة نصف ا جـ إلى نصف جـ ز – التي هي نسبة ا جـ إلى جـ ز ، فنسبة مثلث ا د جـ إلى مثلث جـ ز ح مؤلفة من نسبة د جـ إلى جـ ح ومن نسبة ا جـ إلى جـ ز . ونسبة د جـ إلى جـ ح كنسبة ه ب[10] إلى ب ح ، ونسبة ا جـ إلى جـ ز كنسبة ه ب إلى ب ز ، فنسبة مثلث ا جـ د إلى مثلث جـ ز ح مؤلفة من نسبة ه ب إلى ب ح ومن نسبة ه ب إلى ب ز ، وكذلك يلزم – إذا كان المربع مختلف الطولين – أن[11] نخرج من نقطة د عمودا على خط ا جـ فيقوم مقام د م ويعود الحال إلى النسبتين المذكورتين . ونسبة مثلث *ا جـ د إلى مثلث جـ ز ح* كنسبة مثلث ب د ل إلى مثلث ب ه ل التي هي نسبة د ل إلى ل ه ، فنسبة د ل إلى ل ه مؤلفة من نسبة ه ب إلى ب ح – التي هي نسبة ه ا إلى ا د – ومن نسبة * ه ب

٤ – مقسلما ٥ – ب د ح . ٦ – مساو . ٧ – د ح ز . ٨ – د جـ . ٩ – عمودا .
١٠ – مطموسة . ١١ – لأنا . * ... * ما بينهما مطموس .

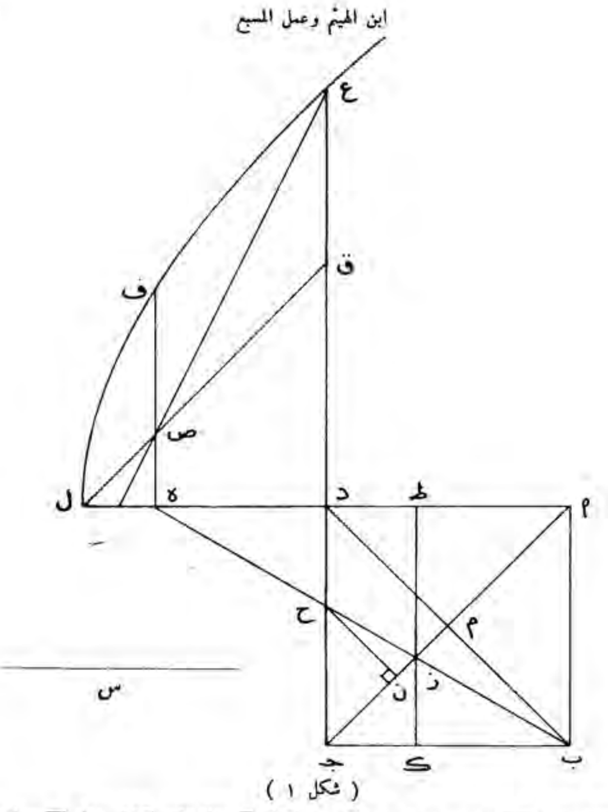
إلى ب ز * – التي هي نسبة < اه إلى اط ، فنسبة دل إلى ل ه كنسبة > مربع ه ا إلى ضرب دا في اط الذي هو مساوٍ لمربع ده ، فنسبة دل إلى ل ه كنسبة مربع اه إلى مربع ه د وخط اد مثل خط دل .

فقد انحلّ المربع إلى قسمة خط ال – الذي هو ضعف اد – على نقطة ه قسمة يكون نسبة د ل إلى ل ه كنسبة مربع اه إلى مربع ه د . وقسمة الخط على هذه النسبة إنما يمكن بقطوع المخروط .

فنفرض على طريق التحليل أن الخط قد انقسم ، ونخرج خط جد على استقامة إلى ع ونجعل دع مثل اه ونخرج من نقطة ه عمود ه ف ، ونجعل ه ف مثل ده ، فيكون نسبة دل إلى ل ه كنسبة مربع ع د إلى مربع ف ه . وليكن ضرب دل في خط س مساويا لمربع ع د . فالقطع المكافىء – الذي سهمه دل وضلعه القائم خط س يمرّ بنقطتي ع ف . / أما مروره بنقطة ع فلأن مربع دع مثل ضرب دل في الضلع القائم ، وهذه خاصة القطع المكافىء ، وأما مروره بنقطة ف فلأن نسبة دل إلى ل ه كنسبة مربع ع د إلى مربع ف ه كما تبين في شكل ك من مقالة ا من المخروطات . فليكن القطع ل ف ع . ونجعل خط د ق مثل دل ونصل ل ق ، وليقطع خط ف ه على نقطة ص ، فيكون مثلث ل د ق معلوم الصورة ، ويكون زاوية ع ق ص معلومة ، ويكون نسبة ق ص إلى د ه معلومة لأنها كنسبة ق ل إلى ل د المعلومة . ولأن ع د مثل ه ا و ق د مثل دل – المساوى لـ دا – يكون ق ع مثل ده . فنسبة ع ق إلى ق ص معلومة ، وزاوية ع ق ص معلومة ، ونصل[١٢] ع ص ، فيكون مثلث ع ق ص معلوم الصورة ، فيكون نسبة ص ع إلى ع ق معلومة ، و ع ق مثل ده و ده مثل ه ف فخط ع ق مثل خط ف ه ، فنسبة مربع ع ص إلى مربع ف ه معلومة ، ومربع ف ه مثل ضرب ل ه في خط س ، فنسبة ضرب ل ه في س إلى مربع ص ع معلومة ، ونسبة ه ل إلى ل ص معلومة ، فنسبة ضرب ل ص في س إلى مربع [ص ع] ص ع معلومة ، وزاوية ع ص ل معلومة ، فالقطع المكافىء – الذي قطره ل ق ورأسه نقطة ل وزاوية ترتيبه زاوية ع ص ل وضلعه القائم خط نسبته[١٣] إلى خط س نسبة معلومة – يمرّ[١٤] بنقطة ع . فليكن ذلك القطع قطع ل ر ع[١٥] .

١٢٢

١٢ – مطموسة . ١٣ – نسبة ١٤ – تمر . ١٥ – ل ف ع



(شكل ١)

فإذا كان خط ا د معلوم الوضع وكانت نقطة ل معلومة وكان خط س معلوم القدر كان قطع ل ف ع معلوم الوضع وكان خط ل ق معلوم الوضع لأن زاوية د ل ق معلومة ويكون الضلع القائم لقطع ل ر ع[15] معلوم القدر وزاوية ع ص ل معلومة ، فيكون قطع ل ر ع[15] معلوم الوضع[16] ، فيكون نقطة ع معلومة • وخط ع د[17] عمود على[18] خط ل د – <وهو> معلوم الوضع – فيكون خط ع د معلوم القدر والوضع ويكون نقطة د معلومة ويكون خط *د ل معلوم القدر* ، فيكون نسبة ع د إلى د ل معلومة ، و ع د مثل ا ه و د ل مثل ا د ، فنسبة * ا ه إلى ا د * معلومة لأنا قد يمكننا[19] أن نجد خطين مساويين لهما بالطريق الذي بيناه[20] وهما خطا ع د د ل ، وخط ا د معلوم فخط د ه معلوم ، ونقطة

١٥ – ل ف ع ١٦ – مطموسة . ١٧ – ح . ١٨ – و . ١٩ – يمكنا . ٢٠ – مطموسة

دَ معلومة ، فنقطة ہ * معلومة وهي التي * تجعل[21] مربع ا ب جـ د على الصفة التي شرطها أرشميدس .

وأيضاً فإن أرشميدس فرض هذا المربع وحلله إلى مقدمة * هي التي احتاج * إليها في عمل المسبع : وهو أن ضَرْبَ د ا في ا ط مثل مربع د ہ وضَرْبَ ہ ط في * ط د مثل مربع ا ط * وكلٌ واحد من خطي ا ط ہ د أعظم من ط د . ففرض خطاً معلوماً قسّمه على هذه النسبة وبنى المسبع عليه . وقد يمكن أن يقسم خط على هذه النسبة بقطوع المخروط أيضاً من غير حاجة إلى المربع .

فلنفرض الخط ، وليكن ا ب ، ونريد أن نقسمه بثلاثة أقسام كأقسام : ا جـ جـ ب د ب حتى يكون ضرب د ا في ا جـ مثل مربع د ب ويكون ضرب ب جـ في جـ د مثل مربع ا جـ ويكون كلٌ واحد من خطي ا جـ د ب أعظم من د جـ .

فنفرض خطا كيفما اتفق ، وليكن ہ ز ، ونفصل منه مقدارا معلوما كيفما اتفق ، وليكن ہ ح ، ونعمل قطعا[22] مكافئا يكون سهمه ہ ز ورأسه نقطة ہ وضلعه القائم خط ہ ح كما[22] في شكل / نب من مقالة ا من المخروطات ، وليكن قطع ہ ك ل[23] . ونفصل ح ط ١٢٣-ا مثل ح ہ ونخرج من نقطتي ح ط عمودين ينتهيان إلى القطع ، وليكونا ح ك ط ل ، فيكون ح ك مثل ح ہ لأن مربع ك ح مثل ضرب ح ہ في الضلع القائم ، و ح ہ هو الضلع القائم ، فمربع ك ح مثل ضرب ح ہ في نفسه ، فخط ك ح مثل خط ح ہ . ونخرج ل ط على استقامة في جهة ط ، ونفصل ط س مثل ط ح ، ونصل ك ط فيكون ك ط موازيا لخط ح س لأن ط س مساوٍ ل ك ح ومواز له ، فيكون سطح ك ح س ط متوازي الأضلاع ، فنخرج على نقطة ط القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ك ح ح س كما في شكل د من مقالة ب من المخروطات ، وليكن قطع ط ن ، فهذا القطع يقطع قطعة ك ل : وذلك أن خط ط ل موازٍ لخط ح ك الذي لا يقع على القطع ، فخط ط ل[24] يكون في داخل قطع ط ن الزائد ، وإذا أخرج خط ط ل إلى غير نهاية لم يلق قطع ط ن على نقطة غير نقطة ط وذلك أن خطي ح ك ط ل إذا أخرجا في جهة ك ل إلى غير نهاية كان البعد الذي بينهما أبداً متساوياً ، وقطع ط ن إذا أخرج في جهة ن كان كلما إزداد خروجاً إزداد قربا من خط ح ك

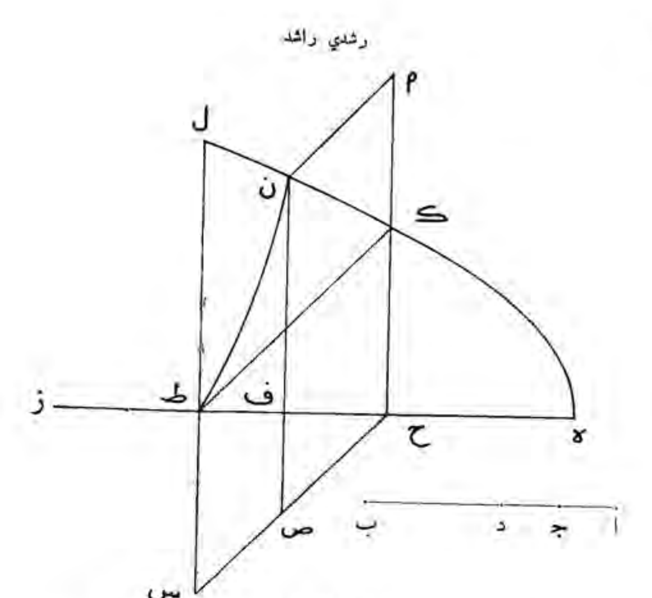
٢١ – نجعل ٢٢ – مطموسة ٢٣ – ہ ط ل ٢٤ – س ط ل

وما يتصل به كما في مقالة ب من المخروطات . ولأن خط ط ل إذا أخرج إلى غير نهاية في جهة ل يكون أبداً داخل قطع ط ن ونقطة ك هي أبداً خارجة عن قطع ط ن لأنها على الخط الذي لا يقع عليه فقطع ط ن إذا أخرج فإنه يقطع قطعة كل من قطع ه كل ، فليقطعها على نقطة ن . ونخرج خط ح ك في جهة ك ، ونخرج من نقطة ن خطا موازيا لخط ك ط وليكن ن م ، ونخرج عمود ن ف ص[٢٥] فيكون موازيا لخط ل ط س ، فيكون ضرب م ن في ن ص مثل ضرب ك ط في ط س كما تبين في شكل يب من مقالة ب من المخروطات ، فسطح ن ح المتوازي الأضلاع مساوٍ لسطح س ك المتوازي الأضلاع ، وسطح ن ح هو من ضرب ن ص في ح ف لأن ح ف عمود على ن ص ، وسطح س ك مساوٍ لضرب س ط في ط ح و س ط مثل ط ح و ط ح مثل ح ه فسطح س ك المتوازي الأضلاع مساوٍ لمربع ه ح .

وقد تبين أن سطح س ك مساوٍ لضرب ن ص في ح ف ، فضرب ن ص في ح ف مساوٍ لمربع ه ح . ونجعل ف ز مثل ن ف ، و ف ص هو مثل خط ف ح لأن س ط مثل ط ح ، فخط ح ز مثل خط ن ص ، فضرب ز ح في ح ف مثل مربع ح ه . وأيضاً فإن خط ن ف هو من خطوط الترتيب لأنه عمود على سهم ه ز وخط ه ح هو الضلع القائم لقطع ه ك ن المكافىء ، فضرب ف ه في ه ح مساوٍ لمربع ف ن ، و ف ن مثل ف ز ، فضرب ف ه في ه ح مثل مربع ف ز . وقد كان ضرب ز ح في ح ف مثل مربع ح ه . فنقسم خط ا ب على نقطتي ج د على مثل نسبة خطوط ه ح ح ف ف ز فيكون ضرب د ا في ا ج مثل مربع د ب وضرب ب ج في ج د مثل مربع ج ا . وقد بقي أن نبين أن كل واحد من خطي ا ج د ب أعظم من ج د .

فلأن ضرب ف ه في ه ح مساو لمربع ف ز يكون ف ن أعظم من ه ح ، فهو أعظم من ح ط لأن ح ط مثل ح ه ، فهو أعظم بكثير من خط ح ف ، و ن ف مثل ف ز ، فخط ف ز أعظم من خط ف ح ، و ه ح أيضاً / أعظم من ح ف لأن ه ح مثل ح ط ، فكل واحد من خطي ه ح ف ز أعظم من خط ح ف . فكل[٢٦] واحد من خطي ا ج د ب أعظم من خط ج د وخطوط ا ج ج د د ب على نسبة خطوط ه ح ح ف ف ز . فقد قسمنا خط ا ب إلى خطوط ا ج ج د د ب حتى صار ضرب د ا في ا ج مثل مربع د ب وضرب ب ج في ج د مثل مربع ا ج وكل واحد من خطي ا ج د ب أعظم من خط ج د ، وذلك ما أردنا أن نعمل . ١٢٣ - ب

٢٥ - كتبها الناسخ ن و ص ثم اعاد كتابتها بعد تصحيحها في الهامش . ٢٦ - و كل



(شكل ٢)

وإذا قُسم خط اب على هذه النسبة فإنه يمكن أن نعمل من خطوط اج جد دب مثلثا . فليكن المثلث ه‍جد ، وهو المثلث الذي عمله أرشميدس وعمل منه المسبع . وإذا عمل هذا المثلث فقد يمكن أن نعمل منه المسبع على وضع غير الوضع الذي عمله أرشميدس ، وذلك بأن نعمل في الدائرة التي يراد[٢٧] عمل المسبع فيها مثلثا مساوية زواياه لزوايا هذا المثلث ، فيكون القوس التي يوترها خط جد سبع الدائرة ، ويكون القوس التي يوترها خط ج‍ه سبعي الدائرة ، ويكون القوس التي يوترها خط هد أربعة أسباع الدائرة ، لأن زاوية ه‍دج تكون[٢٨] ضعف زاوية ج‍هد وزاوية ه‍جد أربعة أمثال زاوية ج‍هد . فإذا قُسمت القوس التي على خط ه‍ج بنصفين والقوس التي على خط هد بأربعة أقسام وأوترت القسي كان الذي يحصل في الدائرة شكلاً مسبعاً متساوي الأضلاع والزوايا .

فقد بقي نبين[٢٩] أن زاوية ه‍دج ضعف زاوية ج‍هد وأن زاوية ه‍جد أربعة أمثال زاوية ج‍هد .

٢٧ – تراد ٢٨ – يكون ٢٩ – تبين

فنقسم زاوية جده بنصفين بخط دح ونقسم زاوية هجد بنصفين بخط جز . فيكون نسبة هح إلى حج كنسبة هد إلى دج التي هي نسبة بد إلى دج . فبالتركيب يكون نسبة هج إلى جح كنسبة بج إلى جد ، لكن نسبة بج إلى جد هي كنسبة مربع اج إلى مربع جد لأن ضرب ب ج في جد مثل مربع جا ، فنسبة هج إلى جح هي نسبة مربع اج[30] < إلى مربع جد > – أعني < مربع > جه[31] إلى مربع جد[32] ، فنسبة هج إلى جد كنسبة دج إلى جح ، فمثلثا دهج جدح متشابهان ، فزاوية دحج مثل زاوية هدج ، لكن زاوية دحج مثل زاويتي هدح دهح ، فزاوية دهح مثل زاوية حدج وزاوية هدج ضعف زاوية حدج ، فزاوية هدج ضعف زاوية دهج . وأيضاً فإن نسبة دز إلى زه هي كنسبة دج إلى جه التي هي نسبة دج إلى جا ، وبالتركيب يكون نسبة ده إلى هز كنسبة دا إلى اج ، ونسبة دا إلى اج هي نسبة مربع بد إلى مربع جا ، فنسبة ده إلى هز[33] هي نسبة مربع بد إلى مربع جا التي هي نسبة مربع ده إلى مربع هج ، فنسبة ده إلى هز هي نسبة مربع ده إلى مربع هج ، فنسبة ده إلى هج كنسبة هج إلى هز ، فمثلثا هجد هجز متشابهان ، فزاوية جزه مساوية لزاوية هجد ، وزاوية هجز[34] مساوية لزاويتي زجد زدج ، فزاوية هدج مثل زاوية هجز[35] ، وزاوية هجد ضعف زاوية هجز ، فزاوية هجد ضعف زاوية هدج ، فزاوية هجد أربعة أمثال زاوية جهد .

فقد تبين أن زاوية هدج[36] ضعف زاوية جهد ، وأن زاوية هجد أربعة أمثال زاوية جهد . فإذا عملنا في الدائرة التي يُراد[37] عمل المسبع فيها مثلثا مساوية زواياه لزوايا مثلث هجد وقسمنا زاوية هجد بنصفين وكلّ واحد من نصفيها بنصفين وقسمنا زاوية هدج بنصفين انقسمت الدائرة بسبعة أقسام متساوية ، فإذا أوترت هذه الأقسام بخطوط مستقيمة حصل في الدائرة شكلا مسبعا[38] متساوي الأضلاع والزوايا ، وذلك ما أردنا أن نبين .

تم الفصل[39] في مقدمة ضلع المسبع . والحمد لله وحده .

٣٠ – مطموسة ٣١ – ده ٣٢ – جه ٣٣ – هب ٣٤ – مطموسة ٣٥ – هجد
٣٦ – هجد ٣٧ – يريد ٣٨ – هكذا والصواب « شكل مسبع » ٣٩ – كذا والأحرى « القول »

بسم الله الرحمن الرحيم

رب يسر وتمم بالخير

مقالة للحسن بن الحسن بن الهيثم في عمل المسبّع في الدائرة

إن أحد الأشكال الهندسية التي يتحدى[1] بها المهندسون ، ويفتخر بها المبرزّون ، ويظهر بها قوة من وصل إليها : هو عمل المسبّع المتساوي الأضلاع في الدائرة ، وقد ظفر بذلك بعض المتقدمين وبعض المتأخرين إلا أنه ظفرٌ فيه بعض الدَّخَل . أما الذي عمله من المتقدمين فهو أرشميدس[2] فإن له قولاً في استخراج ضلع المسبّع ، إلا أنه يسلّم مقدمة استعملها في استخراجه ولم يقدم المبيّنَة . وقد بينّا نحن[2] المقدمة التي استعملها أرشميدس في قولٍ مفرد غير هذا القول . وأما المتأخرون فالذي وقع إلينا لهم هو قولان : أحدهما[2] بُيّن فيه مقدمة أرشميدس ثم بُني العمل عليها ، والقول الآخر هو قول لأبي سهل الحسين بن رستم الكوهي[2] وهو أنه استخرج ضلع المسبع بخط قسمه بثلاثة أقسام على نسبة مخصوصةٍ ، وهو الخط الذي به تمّ مقدمة أرشميدس . ولم نجد لأحد من المتقدمين ولا من المتأخرين قولاً مشروحاً يستوعب جميع الوجوه التي يتم بها عمل المسبّع . ولما كان ذلك كذلك أنعمنا النظر في عمل المسبّع ، وبينا جميع الوجوه التي بها يتم عمل المسبع ، وعملناه بالتحليل والتركيب .

وهذا حين نبتدىء بالقول في ذلك فنقول : إنا نريد أن نعمل في دائرة معلومة شكلاً مسبعاً متساوي الأضلاع والزوايا ، يحيط به الدائرة .

فليكن الدائرة هي التي عليها $\overline{\text{ا ب ج}}$ ونريد أن نعمل فيها مسبعاً متساوي الأضلاع والزوايا يحيط به الدائرة .

فعلى طريق التحليل نفرض أن ذلك قد تم وهو مسبع $\overline{\text{ا د ه ب ج ز ح}}$ ونصل خطوط[3]

١ – يتحدا
٢ – انظر إلى نص مقالتنا
٣ – أعاد الناسخ كتابتها في الهامش

جه جد بد دح بح ب ا جا[3] ، فيحدث في الدائرة أربعة[4] مثلثات[5] يحيط بها الدائرة ، وكل واحدة من زواياها يوترها قوس أوقسي من القسي / المتساوية التي يوترها ١-٢٠١ أضلاع المسبع . فنقول أولاً إنه ليس يقع في الدائرة مثلث يحيط به الدائرة ويوتر[6] <كل واحدة من زواياه قوس أوقسي من القسي المتساوية التي يوترها أضلاع المسبع> ويكون غير شبيه بواحد من هذه المثلثات ، وذلك أن مثلث[7] – ١ – اب ج زاوية ب اج منه يوترها قوس ب ج التي هي سبع الدائرة ، فزاوية ب اج هي جزء من سبعة أجزاء من زاويتين قائمتين ، وزاوية اب ج يوترها ازج وهي ثلاثة أسباع الدائرة فهي ثلاثة أجزاء من سبعة أجزاء من زاويتين قائمتين ، فكذلك زاوية اجب هي ثلاثة أجزاء من سبعة أجزاء من قائمتين . ومثلث – ٢ – ب دح زاوية ب دح منه هي ثلاثة أجزاء من سبعة أجزاء من قائمتين ، وكل واحدة من زاويتي دبح دح ب هي جزآن من سبعة أجزاء . ومثلث – ٣ – ه ب ج زاوية ه ب ج منه خمسة أجزاء من سبعة أجزاء ، وكل واحدة من زاويتي ب ه ج ب ج ه <جزء> واحد من سبعة أجزاء . ومثلث – ٤ – د ب ج زاوية ب د ج منه جزء من سبعة أجزاء وزاوية ب ج د جزآن من سبعة أجزاء ، وزاوية د ب ج أربعة أجزاء من سبعة أجزاء .

وهذه المثلثات هي أربعة[4] مثلثات ، وزواياها كل واحدة منها هي أجزاء من سبعة أجزاء من قائمتين ، وهي منقسمة بثلاثة أقسام وهي مختلفة القسمة[8] . وليس تنقسم السبعة

٣ – أعاد الناسخ كتابتها في الهامش ٤ – أربع

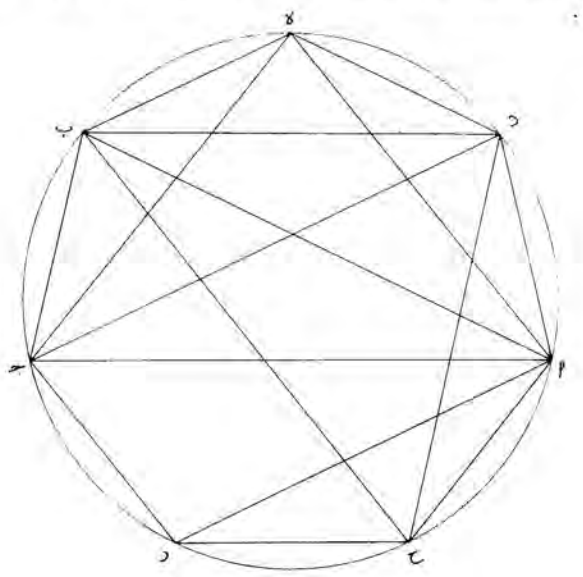
٥ – عددها الناسخ في الهامش هكذا : الأول مثلث اب ج
الثاني مثلث ب دح
الثالث مثلث ب ه ج
الرابع مثلث د ب ج

٦ – يوتره

٧ – نجد في المخطوطة : مثلث أي المثلث الأول وكتبناها مثلث – ١ – حتى لا تتداخل السطور . وسنتبع هذا دون الإشارة عند كتابة المثلثات الباقية . ولقد كتب في الهامش بجوار النص ما يلي « الجزء الأول اح والثاني ح ز والثالث ز ج مجموعها قوس اح ز ج عبر المصر <ي> عنها بترك ح روما للاختصار وإنما ذكر ز لتعيين الجهة إذ لو قال قوس اج لاحتمل ما كانت في جهة ح (مطموسة في النص) فدفعه بذكر ز : سعيد محمد »

٨ – نجد في الهامش : نوع أول ١ ٣ ٣ ، نوع ثاني ٢ ٢ ٣ ، نوع ثالث ١ ٥ ١ ، نوع رابع ١ ٤ ٢

بثلاثة أقسام أكثر من أربعة أنواع من القسمة ، هي الأنواع التي فصلناها . ولا يوجد أقسام للسبعة هي ثلاثة أقسام وتكون[9] مخالفة لجميع هذه الأربعة الأنواع . فليس يقع في الدائرة مثلث يوتر[10] بزاوياه <القسي المتساوية التي توترها> أضلاع المسبع غير هذه المثلثات الأربع ، وكل واحد من هذه المثلثات إذا وجد مثلث شبيه به وقسمت زواياه بجزء جزء[11] انقسمت الدائرة سبعة أقسام متساوية فإذا وترت القسي حدث مسبع متساوي الأضلاع والزوايا .



< الشكل الأول >

فلنشرع في وجود / مثلثات شبيهة بالمثلثات الأربع[12] التي بينّا تفصيل زواياها ونستخرج المسبع بكل واحد منها ، ونبتدىء بالمثلث المتساوي الساقين الذي كل واحدة[13] من زواياه التي على القاعدة ثلاثة أمثال الزاوية الباقية[14] . ونريد أن نستخرج المسبع بهذا المثلث .

فعلى طريق التحليل : نفرض أنا قد وجدنا مثلثاً على هذه الصفة ، وليكن مثلث ا ب ج ونجعل زاوية ج ب د مثل زاوية ب ا ج فيكون مثلث ب ج د شبيهاً بمثلث ا ب ج ويكون

٩ – يكون ١٠ – يوترها – ١١ – أي من قائمتين ١٢ – كذا والأفصح : الأربعة ١٣ – واحد
١٤ – في الهامش نجد : مثلث

زاوية ب د جـ مثل زاوية ا ب جـ ، وزاوية ا ب جـ مثل زاوية ا جـ ب فزاوية ب د جـ مثل زاوية ب جـ د فخط ب د مثل خط ب جـ . ولأن مثلث جـ ب د شبيه بمثلث ا ب جـ يكون نسبة ا جـ إلى جـ ب كنسبة ب جـ إلى جـ د ، فضرب ا جـ في جـ د مثل مربع ب جـ . ونجعل زاوية د ب ه مثل زاوية ب ا جـ فيكون مثلثا ا ب د د ب ه متشابهين ، ويكون زاوية ب ه د مثل زاوية ا ب د ، وزاوية ا ب د جزآن من سبعة ، فزاوية ب ه جـ جزآن من سبعة ، وزاوية جـ ب ه جزآن من سبعة فخط ه جـ مثل خط جـ ب ، ولأن مثلث د ب ه شبيه بمثلث ا ب د[15] يكون ضرب ا د في د ه مثل مربع د ب ، و د ب مثل ب جـ فضرب ا د في د ه مثل ضرب ا جـ في جـ د ، و ب جـ مثل جـ ه ، فضرب ا د في د ه مثل مربع جـ ه ، وضرب ا جـ في جـ د مثل مربع جـ ه . فنعمل على خط ه جـ مربعاً قائم الزوايا . وليكن جـ ه ح ز ، ونخرج خطي جـ ز ه ح على استقامة إلى ط وإلى ل ، ونتوهم القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ه جـ جـ ط يمرّ بنقطة ح[16] وليكن قطع ح ك ونخرج من نقطة د خطاً موازياً لخط جـ ط فهو يلقى هذا القطع ، فليلقه على / نقطة ك ، وهذا الخط يقطع خط ز ح فليلقه على نقطة ن[17]. ١-٢٠٢ ونفصل ح ف[18] مثل ح ه ونصل خطي ف ز ح جـ ، فخط ح جـ يقطع خط د ن[19] فليقطعه على نقطة م فيكون جـ د مثل د م ، و د ه مثل ح ن[20] ، ونخرج ك ط[21] موازياً لـ د جـ ، فلأن خطي ه جـ جـ ط لا يقعان على قطع ح ك يكون ضرب ك د في د جـ مثل ضرب ح ه في ه جـ الذي هو مربع جـ ه ، ولكن[22] ضرب ا جـ في جـ د مثل مربع جـ ه ، فخط ك د[23] مثل خط ا جـ و جـ د مثل د م فيبقى ك م مثل ا د ، وضرب ا د في د ه مثل مربع جـ ه ، فضرب ك م[24] في ن ح[25] مثل مربع ه جـ ونسبة ن ح إلى ح م[26] كنسبة ز ح إلى جـ ح[27] فنسبة ضرب ك م في ن ح إلى ضرب ك م في م ح كنسبة ز ح إلى ح جـ التي هي نسبة مربع ز ح إلى ضرب ز ح في ح جـ ، أعني ضرب ح جـ[28] في د ن[29] ، وضرب ك م في ن ح مثل مربع ز ح ، فضرب ك م في م ح مثل ضرب ح جـ[30] في ن د[31] ، ونخرج ك ل موازياً لـ م ح فيكون ضرب م ك في ك ل مثل ضرب ح ف في ف ز ، فالقطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا جـ ح ح ل[32] يمر بنقطتي ز ك وليكن قطع ز ك ، فإذا كان مربع ه ز معلوم القدر والوضع كان قطعا ز ك ح ك

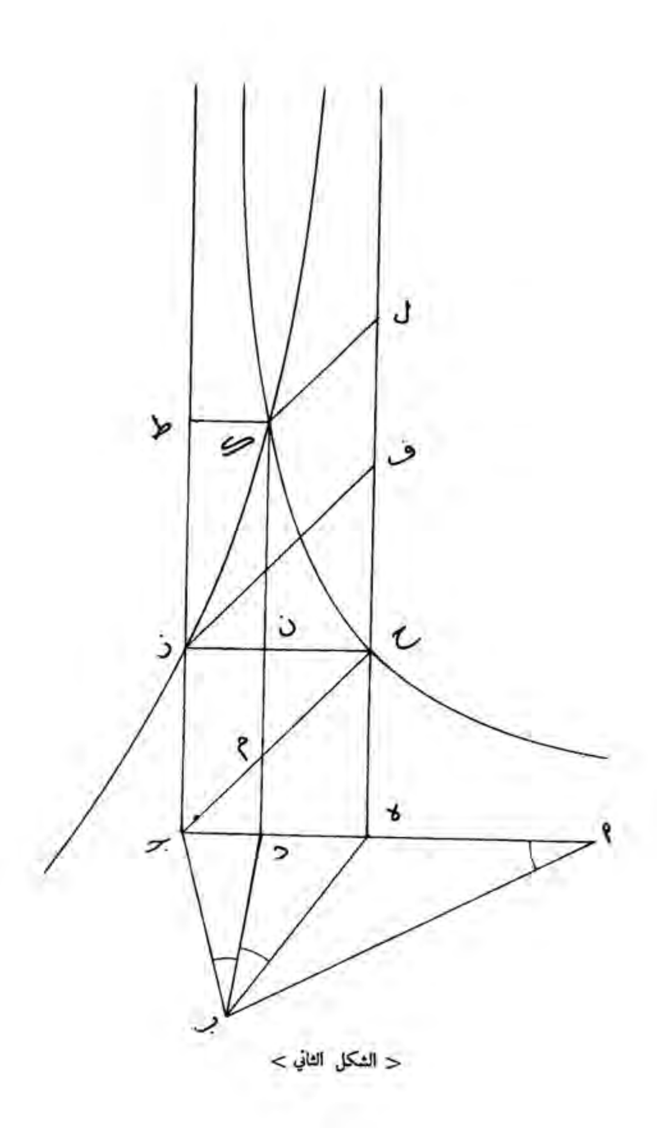
١٥ – ا ب جـ ١٦ – طمس جزء من الحرف ويمكن قراءتها جـ ١٧ – ر التي يعني بها ز
١٨ – جـ ف ١٩ – د ر ٢٠ – ح د ٢١ – ك ر ٢٢ – وليكن ٢٣ – الكاف مطموسة
٢٤ – ك ح ٢٥ – ر ح ٢٦ – جـ م ٢٧ – ح ك ٢٨ – الجيم غير واضحة ٢٩ – د ر
٣٠ – ح ف ٣١ – و د ٣٢ – ح ل

معلومي الوضع ، وكانت نقطة ك معلومة ، وكانت نقطة د معلومة ، وهي التي تعمل المسألــة .

فلنركب هذا التحليل :

فلنفرض خطاً معلوماً كيفما اتفق وليكن ه ج، ونعمل عليه مربعاً وليكن / ه ح ز ج ونصل ج ح ونخرج ه ح ج ز على استقامة ، ونفصل ح ف[33] مثل ح ه ونصل ف ز[34] ونجيز على نقطة ح القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ه ج ج ز وليكن قطع ح ك ، ونجيز على نقطة ز القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ج ح[35] ح ف ، فهذا القطع يقطع[36] قطع ح ك[37] لأن هذا القطع يقرب أبداً من خط ح ل إذا أخرج ح ل على استقامة ، وقطع ح ك يبعد أبداً عن خط ح ل إذا أخرج ح ل على استقامة ، فليتقاطع[38] القطعان[39] على نقطة ك ، ونخرج ك د موازيا لـ ج ز[40] و ك ط موازياً لـ ج ه[41] و ك ل موازياً لـ م ح ، ونجعل ج ا مثل د ك ، ونجعل ا مركزاً ونُدير ببُعد ا ج دائرة ولتكن[42] دائرة ا ج[43] ونخرج ج ب مثل ج ه ونصل ا ب ب د ب ه . فلأن ا ج مثل ك د يكون ضرب ا ج في ج د مثل ضرب ك د في د ج ، الذي هو مثل ضرب د ك في ك ط ، الذي هو مثل ضرب ز ح في ح ه ، الذي هو مثل مربع ج ه . فضرب ا ج في ج د مثل مربع ج ه ، أعني مربع ج ب . فلأن ك د مثل ج ا و ج د مثل د م يكون ا د مثل ك م ، ولأن ضرب م ك في ك ل مثل ضرب ج ز في ز ف يكون ضرب ك م في م ح مثل ضرب ز ج في ج ح ، ونسبة م ح إلى ح ن كنسبة ج ح إلى ح ز ، فنسبة ضرب ك م في م ح إلى ضرب ك م في ح ن كنسبة ضرب ج ح في ح ز إلى مربع ح ز ، التي هي نسبة ضرب ف ز في ز ح إلى مربع ز ج وضرب ك م في م ح مثل ضرب ف ز في ز ج ، فضرب ك م في ح ن مثل مربع ز ج ، الذي هو مربع ج ه . و ن ح مثل د ه و ك م مثل ا د فضرب ا د في د ه مثل مربع ج ه ، أعني مربع ج ز . ولأن ضرب ا ج في ج د[44] مثل مربع ج ب يكون مثلث ج ب د شبيها بمثلث ا ب ج ، فزاوية ب د ج مثل زاوية ا ب ج وزاوية ج ب د مثل زاوية ب ا ج / وزاوية ا ب ج مثل زاوية ا ج ب فزاوية ب د ج مثل زاوية ب ج د ، فخط ب د مثل خط ب ج ، فضرب ا د في د ه مثل مربع د ب ،

٣٣ – ح ر   ٣٤ – و ر   ٣٥ – د ح   ٣٦ – تقطع   ٣٧ – ح د   ٣٨ – كتبها أولا : فليتقاطعا ثم صححها عليها   ٣٩ – القطعتان   ٤٠ – لحد   ٤١ – كتبها لـ ه ولكنه صغر اللام فأصبحت مثل ك .
٤٢ – وليكن   ٤٣ – مطموسة .   ٤٤ – حه



< الشكل الثاني >

فزاوية ب ه د مثل زاوية ا ب د ، وزاوية د ب ه مثل زاوية ب ا د ، فزاوية د ب ه[45] مثل زاوية جـ ب د . ولأن مثلث ا ب جـ شبيه بمثلث جـ ب د يكون نسبة ا ب إلى ب جـ[46] كنسبة ب د إلى د جـ و ب جـ مثل ب د و ب د مثل ه جـ ، فنسبة ا ب إلى ب د كنسبة ه جـ إلى جـ د ونسبة ه جـ إلى جـ د كنسبة ا جـ إلى جـ ه وكنسبة ا ه الباقي إلى ه د الباقي ، فنسبة ا ب إلى ب د كنسبة ا ه إلى د ه ، فزاويتا ا ب ه ه ب د متساويتان ، فالزوايا الثلاث التي عند نقطة ب متساوية ، فإذا فصل من زاوية ا جـ ب زاوية مثلُ زاوية جـ ب د وقسمت الزاوية الباقية بنصفين كانت الزوايا الثلاث مثلَ الزوايا الثلاث التي عند نقطة ب ، فيصير زوايا مثلث ا ب جـ مقسومة بسبع زوايا متساوية .

فإذا عمل في الدائرة مثلث شبيه بمثلث ا ب جـ وقسمت زاويتا قاعدته بزوايا كلُّ واحدة[47] منها مساوية لكل واحدة من الزوايا التي عند نقطة ب وأخرجت الخطوط التي تقسم[48] الزاويتين إلى محيط الدائرة سبعة[49] أقسام متساوية فإذا أوترت القِسيّ بالخطوط المستقيمة حدث في الدائرة شكل ذو سبعة أضلاع متساوية ومتساوي الزوايا . فبهذه الطريقة يمكن أن يعمل في الدائرة مسبعٌ متساوي الأضلاع والزوايا ، وذلك ما أردنا أن نعمل .

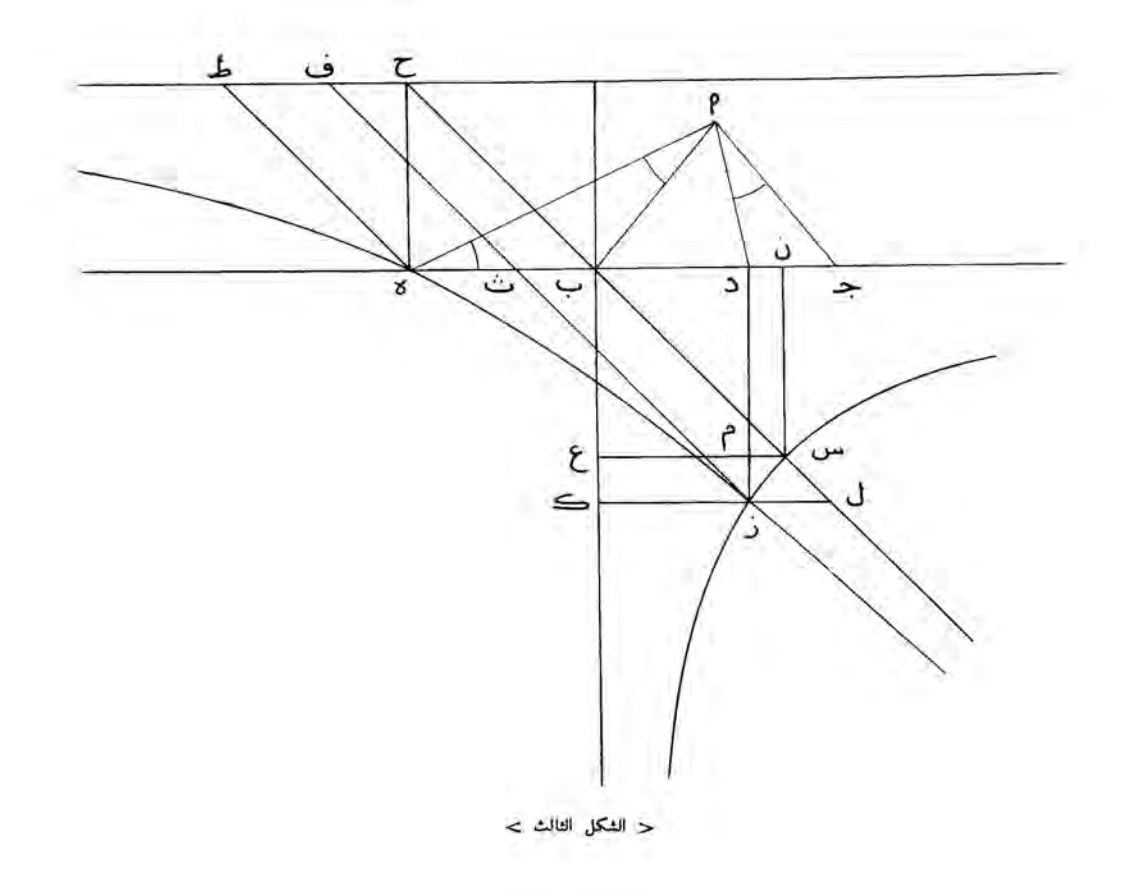
وأيضا فإنا / نفرض المثلث المتساوي الساقين الذي كل واحدة[50] من زاويتيه التي[51] على قاعدته جزآن والزاويـــة الباقيـــة ثلاثـــة أجزاء ونستخرج[52] المسبع بهذا المثلث . ٢٠٣

فعلى طريق التحليل نفرض أن قد وجدنا مثلثا على هذه الصفة ، وليكن مثلث ا ب جـ ، فليكن كلُّ واحدة[53] من زاويتي ب جـ جزأين[54] ويكون زاوية ا ثلاثة أجزاء ، ونجعل زاوية ب ا د جزأين[54] < ونخرج جـ ب إلى ه ونجعل ب ه مثل ب ا > فيكون مثلث ا ب د شبيها بمثلث ا ب جـ ، < و > لأن زاوية جـ جزآن فيكون ضرب جـ ب في ب د مثل مربع ب ه ، ونصل ا ه فيكون زاويتا ب ا ه[55] ب ه ا متساويتين ، فكل واحدة منهما جزء واحد لأن زاوية ا ب جـ جزآن وزاوية جـ ا د جزء واحد . < و > لأن زاوية ب ا د جزآن وزاوية ب ا جـ ثلاثة أجزاء فيكون زاوية جـ ا د مثل زاوية ا ه جـ ، فيكون مثلث ا د جـ شبيهاً

٤٥ – الهاء مطموسة ٤٦ – مطموسة ٤٧ – واحد ٤٨ – يقسم ٤٩ – المقصود انقسم محيط الدائرة سبعة أقسام ٥٠ – واحد . ٥١ – التي جائزة على ضعف والأولى : اللتين . ٥٢ – كتبت هكذا : ويستخرج ٥٣ – واحد ٥٤ – جزئين ٥٥ – ب ر ه

بمثلث ا ه ج[٥٦] ، فضرب ه ج في ج د مثل مربع ا ج ، و ا ج مثل ا ب ، و ا ب مثل ب ه فضرب ه ج في ج د مثل مربع ب ه ، فضرب ه ج في ج د مثل ضرب ج ب في ب د . فنقيم[٥٧] على[٥٨] خط ب ه عمود ه ح ونجعل ه ح مثل ب ه ونخرج من نقطة ح خط ح ط موازيا لخط[٥٩] ب ه ونجعل ح ط مثل ه ب ونصل ح ب ط ه ونخرج ح ب[٦٠] على استقامة في جهة ب ونقيم على خط ب ه عمود ب ك ونجعل ب ك مثل ب ج ، ونخرج من [من] نقطة ك خطا موازيا لخط[٥٩] ب ج ، وليكن ك ل ، فهو يلقى خط ح ب[٦٠] ، فليلقه على نقطة ل ، فيكون ل ك مثل ك ب لأن ب ه مثل ه ح ، ونخرج من نقطة د خطاً موازياً لخط ب ك ، وليكن د ز ، فهو يقطع خط ب ل ، فليقطعه على نقطة م ، ونخرج من نقطة ز[٦١] خطاً موازيا لخط ل ح ، فليكن ز ف[٦٢] ، ونجعل ب ن[٦٣] مثل ب ه[٦٤] ، ونخرج ن س موازيا ل ب ك ، و س ع موازيا ل ب ج ، فيكون ن ع[٦٥] مربع ب ه[٦٦] ، ويكون ضرب ب ك في ك ز مساويا لمربع ب ه ، فيكون ضرب د ز / في ز ك مثل ضرب ن س في س ع ، فالقطع الزائد الذي يمر بنقطة س <و> الذي لا يقع عليه خطا د ب ب ع يمر بنقطة ز ، فليكن ذلك القطع قطع س ز . ولأن نسبة ل ب إلى ب ك المساوي ل ب ج كنسبة ح ب[٦٧] إلى ب ه[٦٨] وكنسبة الجميع إلى الجميع ، فنسبة ل ح إلى ه ج[٦٩] كنسبة ح ب[٦٧] إلى ب ه[٦٨] التي هي نسبة ضرب ح ب في ب ه إلى مربع ب ه . فنسبة ضرب ل ح في ج د إلى ضرب ه ج في ج د كنسبة ضرب ح ب في ب ه إلى مربع ب ه . وضرب ه ج في ج د مثل مربع ب ه ، فضرب ل ح في ج د[٧٠] مثل ضرب ح ب في ب ه ، و ج د مثل ل ز ، و ل ز مثل ح ف ، و ل ح مثل ز ف ، فضرب ف ز في ز ل مثل ضرب ح ب في ب ه ، أعني ط ه في ه ب . فالقطع الزائد الذي يمر بنقطة ه ولا يقع عليه خطا ل ح ح ط يمر بنقطة ز ، فليكن ذلك القطع قطع ه ز . فنقطة ز هي تقاطع[٧١] قطعين زائدين . فإذا كان خط ب ه معلوم القدر[٧٢] والوضع كان سطح ب ط[٧٣] معلوم القدر والصورة ، وكان مربع ن ع[٧٤] معلوم القدر والصورة ، فكانت نقطة س منه معلومة ، وكان خطا ك ب ب ح معلومي الوضع ، وكان قطع س ز معلوم الوضع ، وكان[٧٥] خطا ح ل ح ط معلومي الوضع ، ونقطة ه تكون[٧٦] معلومة فقطع ه ز يكون معلوم الوضع ، فنقطة ز هي تقاطع[٧٧] قطعين معلومي الوضع .

٥٦ – ر ه ج ٥٧ – فيقسم ٥٨ – كتبها الناسخ فوق السطر ٥٩ – بخط ٦٠ – ج ب
٦١ – و ٦٢ – د ف ٦٣ – د ن ٦٤ – د ه ٦٥ – ل ع ٦٦ – ر ه
٦٧ – ح ر ٦٨ – ر ه ٦٩ – ه ح ٧٠ – ل د ٧١ – يقاطع ٧٢ – العدد
٧٣ – ر ط ٧٤ – النون مطموسة ٧٥ – فكان ٧٦ – يكون ٧٧ – يقاطع



< الشكل الثالث >

فإذا أخرج / من نقطة ز عمود ز د[٧٨] ، وأخرج عمود ز ك ل ، وجعل ب ج مثل ل ك ، كان د ج مثل ل ز ، فكان ضرب ج ب في ب د مثل مربع ب ه المعلوم ، وكان خطا ب ا ا ج كل واحد منهما مساو[٧٩] لخط[٨٠] ب ه المعلوم . ٢٠٤-ب

فلنركب هذا التحليل . فنفرض خطاً معلوما ، وليكن ب ه ، ونجعل ب ن[٨١] مثل ب ه ، ونعمل على ب ن مربعا ، وليكن ب ن س ع ، ونجيز على نقطة س القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ب ن[٨٢] ب ع وليكن قطع س ز ونصل ب س ، وننفذه في الجهتين[٨٣] إلى ح وإلى ل ، ونخرج من نقطة ه عمود ه ح ، ونجعله مثل ه ب ، ونخرج ح ط موازيا لـ ب ه و ه ط موازيا لـ ب ح ، ونجيز على نقطة ه القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ل ح ح ط فهذا القطع يقطع قطع س ز لأنه يقرب أبدا من خط ح ل ، فليقطعه على نقطة ز ، ونخرج من نقطة ز خط ز د موازيا لخط[٨٤] ك ب[٨٥] ، ونخرج ك ز ل موازيا لخط[٨٤] ب د ، ونجعل د ج مثل ز ل ، فيكون ب ج مثل ك ل ، أعني ك ب ، فيكون ضرب ج ب في ب د مثل مربع ب ه < الذي هو > ن ع الذي هو مربع[٨٦] ، فيكون ضرب ف ز في ز ل مثل ضرب ط ه في ه ب ونسبة ل ب إلى ب ك - أعني ب ج - كنسبة ح ب إلى ح ه - أعني ب ه - وكنسبة ح ل إلى ه ج[٨٧] ، فنسبة ح ب إلى ب ه - أعني نسبة ضرب ط ه في ه ب إلى مربع ب ه - كنسبة ح ل إلى ه ج ، فنسبة ضرب ط ه في ه ب إلى مربع ه ب كنسبة ضرب ح ل في د ج إلى ضرب ه ج في ج د ، و ج د مثل ل ز ، و ح ل مثل ف ز ، فنسبة ضرب ف ز في ز ل إلى ضرب ه ج في ج د هي كنسبة[٨٨] ضرب ط ه في ه ب إلى مربع ه ب ، وضرب ف ز في ز ل مثل ضرب ط ه في ه ب[٨٩] ، فضرب ه ج في ج د مثل مربع ب ه ، فضرب ه ج في ج د مثل ضرب ج ب في ب د ، فنسبة ه ج إلى ج ب كنسبة ب د إلى د ج ، و ه ج أعظم من ج ب ، فـ د ب / أعظم من د ج ، فـ ب ن أعظم بكثير من د ج ، فخطا ب ه[٩٠] ب ن[٩١] أعظم بكثير مـــن ب ج . فقد يمكن أن يُعمل من خطوط ه ب ب ن[٩٢] ب ج مثلث . فليكن ذلك مثلث ب ا ج ، فيكون كل واحد من خطي ب ا ج ا مثل خط ب ه ، فضرب ج ب في ب د مثل مربع ب ا ، فمثلث ا ب د شبيه بمثلث ا ب ج ، فزاوية ب ا د مثل زاوية ا ج ب ، ٢٠٥-ا

٧٨ - ر ٧٩ - مساوى ٨٠ - بخط ٨١ - ب ل ٨٢ - ر ب ٨٣ - الجهين
٨٤ - بخط ٨٥ - ك ر ٨٦ - ن ع الذي هو مربع : فوق السطر ٨٧ - ح ج ٨٨ - بنسبة
٨٩ - ه ر ٩٠ - ر ه ٩١ - ر ل ٩٢ - ب ل

وزاوية ا د ب مثل زاوية ب ا ج ، وضرب ه ج في ج د مثل مربع ب ه فهو مثل مربع ج ا ، فمثلث ا د ج شبيه بمثلث ا ه ج وزاوية ج ا د مثل زاوية ا ه ج ، وزاوية ا ب ج ضعف زاوية ا ه ج لأن ا ب مثلُ ب ه ، فزاوية ا ب ج[93] ضعف زاوية ج ا د ، فزاوية ا د ب ثلاثة أمثال زاوية ج ا د وزاوية ا د ب مثل زاوية ب ا ج ، فزاوية ب ا ج ثلاثة أمثال زاوية ج ا د ، ومثلث[94] ا ب ج متساوي الساقين اللذين هما ا ب ا ج . فكل واحدة من زاويتي ا ب ج ا ج ب[95] جزآن بالمقدار الذي به زاويةُ ب ا ج ثلاثة أجزاء .

فإذا عُمل[96] في الدائرة مثلث شبيه بمثلث ا ب ج وقُسمت كل واحدة من زاويتي قاعدته بنصفين وفُصل من زاوية رأسه مثلُ زاوية قاعدته وقُسمت بنصفين انقسمت زوايا المثلث سبعةَ أقسام متساوية . فإذا أخرجت الخطوط التي تفصل[97] الزوايا إلى محيط الدائرة انقسم محيط الدائرة سبعة أقسام متساوية . / فإذا أُوترت بالخطوط المستقيمة حدث في الدائرة مسبع متساوي الأضلاع والزوايا ، وذلك ما أردنا أن نعمل . ٢٠٥ ظ

وأيضاً فإنا نفرض المثلث المتساوي الساقين ، الذي كل واحدة من زواياه التي على قاعدته جزء واحد ، وزاوية رأسه خمسة أجزاء ، ويُستخرج المسبعُ بهذا المثلث على طريق التحليل .

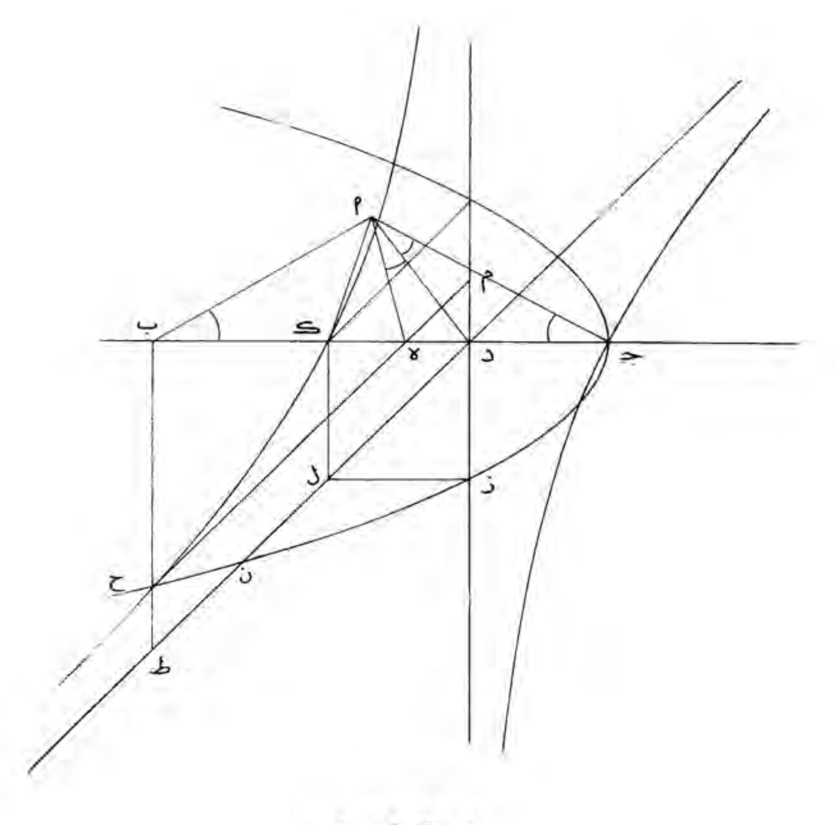
نفرض أنا قد وجدنا مثلثا على هذه الصفة ، وليكن مثلثَ ا ب ج ، وليكن كلُّ واحدة من زاويتي ا ب ج ا ج ب[98] جزءا واحدا ، ويكون زاوية ب ا ج خمسة أجزاء . ونجعل زاوية ج ا د مثل زاوية ا ب ج ، ونجعل زاوية د ا ه أيضاً مثل زاوية ا ب ج ، فلأن زاوية ج ا د مثل زاوية ا ب ج يكون مثلث ا ج د شبيهاً بمثلث ا ب ج ، فيكون نسبة ب ج إلى ج ا كنسبة ا ج إلى ج د ، فضرب ب ج في ج د مثل مربع ج ا [و] و ج ا مثل ا ب ، فضرب ب ج في ج د مثل مربع ا ب . ولأن زاوية د ا ه مثل زاوية ا ب د يكون مثلث ا د ه شبيها بمثلث ا ب د ، فضرب ب د في د ه مثل مربع د ا ، و د ا مثل د ج لأن زاوية ج ا د مثل زاوية ا ج د ، فضرب ب د في د ه مثل مربع د ج . ولأن كلَّ واحدة[99] من زاويتي ج ا د د ا ه مساوية لزاوية ا ب د المساوية لزاوية ا ج د يكون زاوية ا ه ب ثلاثة أمثال زاوية ا ج ب ، وزاوية ب ا ج خمسة

٩٣ – الحروف محوة ٩٤ – فمثلث ٩٥ – ا د ب ٩٦ – عملت ٩٧ – يفصل
٩٨ – ا ج د ٩٩ – واحد

أمثال زاوية اجب ، وزاوية ه اج ضعف زاوية اجب ، فزاوية ب اه ثلاثة أمثال زاوية اجب ، فزاوية ب اه مثل زاوية اه ب ، فخط اب مثل خط ب ه ، فضرب ب ج في ج د مثل مربع ه ب . ونجعل د ك مثل د ج ، ونقيم على نقطة ك عمود ك ل ونجعله مساويا لـ ك د ، ونقيم أيضا على نقطة د عمود د ز ونجعله مساويا لـ د ك ، ونصل ز ك د ل ، ونقيم على نقطة ب عمود ب ح[100] ونجعله مساويا لـ ب ه[101] ونصل ح ه ونبعده إلى م ، فيكون د م مثل / د ه ، ونخرج خط د ل[102] إلى أن يلقى خط ب ح . فلْيَلْقَه على نقطة ط. ٢٠٦-ا فلأن ح ب مـــــواز لـ د م يكون نسبة ح ه إلى ه ب[103] كنسبة م ه إلى ه د وكنسبة ح م إلى ب د ، ونسبة ح ه إلى ه ب كنسبة ز ك إلى ك د[104] ، فنسبة ح م إلى ب د كنسبة ز ك إلى ك د ، ونسبة ح م إلى ب د هي كنسبة ضرب ح م في ه د < إلى ضرب ب د في ه د > ، فنسبة ضرب ح م في ه د < إلى > ضرب ب د في ه د هي نسبة ز ك إلى ك د ، أعني نسبة ز ك إلى ك ل التي هي نسبة ضرب ز ك في ك ل إلى مربع ك ل . وضرب ب د في ه د مثل مربع د ج[105] المساوي لـ ك ل ، فضرب ح م في د ه مثل ضرب ز ك في ك ل . و ه د مثل د م ، و د م مثل ح ط ، فضرب ح م في ح ط مثل ضرب[106] ز ك في ك د . فالقطع الزائد الذي يمرّ بنقطة ك ولا يقع عليه خطا ز د د ط يمرّ بنقطة ح . فليكن ذلك القطعُ قطعَ ك ح. ولأن ضرب ب ج في ج د مثل مربع ه ب ، و ه ب مثل ب ح[107] يكون القطع المكافىء — الذي سهمه ب ج وضلعه القائم د ج ورأسه نقطة ج — يمرّ بنقطة ح . فليكن ذلك القطعُ قطعَ ج ح ، فنقطة ح على تقاطع القطعين . فإذا كان د ج معلوماً كان القطعان معلومي الوضع ، وكانت نقطة ح معلومةً وكانت نقطتا[108] ه ب معلومتين .

فلْنركبْ هذا التحليل . فنفرض خطاً معلوماً ، وليكن ج د ، ونقسمه بنصفين على نقطة د ، ونقيم على نقطتي د ك عمودين ، وليكونا د ز ك ل ، ونجعل كل واحد من د ز ك ل[109] مساويا لـ ك د ، ونصل ز ك د ل[110] ، ونخرج د ل على استقامة إلى ط ، ونجيز على نقطة ك القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ز د د ط / وليكن قطع ك ح ، ونخرج د ك ٢٠٦-ب على استقامة في جهة ك ، ونرسم على نقطة ج القطع المكافىء الذي سهمه ج ك ورأسه نقطة ج وضلعه القائم خط ج د ، وليكن قطع ج ح . فهذا القطع يقطع خط د ط لأن كلّ خط

١٠٠ – ب ج ١٠١ – ب ١٠٢ – د ب ١٠٣ – ه د ١٠٤ – ك ز ١٠٥ – ز ح
١٠٦ – فوق السطر ١٠٧ – ب ج ١٠٨ – نقتطا ١٠٩ – ك ن ١١٠ – د ن



< الشكل الرابع >

يقطع[111] سهم القطع المكافىء فهو يقطع محيط القطع على نقطتين عن جنبتي السهم ، فقطع جـح[112] يقطع خط دط ، ثم إذا تجاوز خط دط بَعُدَ عن خط دط وذلك أن الخط الذي يخرج من نقطة التقاطع مماساً للقطع يقطع خط دط[113]، وإذا أخرج في الجهتين بَعُدَ عن خط دط . والقطع دون الخط المماس قطع جـح المكافىء إذا بَعُدَ عن نقطة التقاطع بَعُدَ عن خط دط ، وقطع كح كلما خرج قَرُبَ من خط دط . فمن أجل ذلك يلزم أن يتقاطع القطعان . فليتقاطع القطعان على نقطة ح ونخرج عمود حب على سهم القطع المكافىء، ونخرج من نقطة ح أيضاً خطا موازيا لخط دل[114] ، وليكن حهم ، فيكون كل واحد من مثلثي حبه هدم شبيها بمثلث دكل ، فيكون حب[115] مثل به و هد مثل دم ، ويكون نسبة حه إلى هب[116] كنسبة لد[117] إلى دك [وكنسبة ند إلى دك] وكنسبة مه إلى هد وكنسبة حم إلى بد . فنسبة حم إلى بد كنسبة لد إلى دك ، أعني نسبة زك إلى كل . فنسبة ضرب حم في هد إلى ضرب بد في ده كنسبة زك إلى كل التي هي نسبة ضرب زك في كل إلى مربع كل . و هد مثل دم و دم مثل حط ، فنسبة ضرب حم[118] في حط إلى ضرب بد[119] في ده كنسبة ضرب زك في كل إلى مربع كل . وضرب حم في حط مثل ضرب زك في كل ، فضرب[120] بد في ده مثل مربع كل ، أعني < مربع > دك ، و دك مثل دجـ ، فضرب بد في ده مثل مربع دجـ. ولأن كجـ ضعفُ جـد ، يكون ضرب كجـ في جـد ضعف مربع كل ، فيكون نقطة ل في داخل / القطع ، فالقطع يقطع خط دط من وراء نقطة ل ، فنقطة ح من وراء نقطة ل ، فخط حب من وراء خط كل ، فخط بد أعظم من خط دك . وضرب بد في ده مثل مربع دك ، فده أصغر من دك ، فهو أصغر من دجـ . و هجـ أقلُّ من ضعف دجـ، وضرب بجـ في جـد مثل مربع حب ، وحب مثل به ، فضرب بجـ في جـد مثل مربع هب ، فضرب بجـ في جـه أقلُّ من ضعف مربع هب ، فهجـ أصغر من هب ، فضعف هب أعظم من بجـ ، فيمكن أن نعمل على خط بجـ مثلثاً[121] متساوي الساقين يكون قاعدته خط بجـ وضلعاه الباقيان كلٌّ واحد منهما مساوٍ لبه ، فليكن ذلك المثلث مثلث ابجـ. ونصل اد اه . فلأن اجـ مثلُ هب يكون ضرب بجـ في جـد مثل مربع جـا ، فمثلث

207 – 101

111 – يقع 112 – دح 113 – رط 114 – رك 115 – حد 116 – هد
117 – ند 118 – أعاد كتابة الحرف الأخير من ضرب فكتب ب ح م 119 – رد 120 – وضرب
121 – مثلث

اجد شبيه بمثلث اب ج ، ونسبة ب ج إلى ج ا كنسبة ا ج إلى ج د ، فزاوية ج ا د [شبيه بمثلث] < مساوية لزاوية > اب ج المساوية لزاوية اجب ، فزاوية[122] ج ا د مثل زاوية اجب ، فخط ا د مثل خط د ج ، فضرب ب د في د ه مثل مربع د ا ، فمثلث ا د ه شبيه بمثلث اب د ، فزاوية د ا ه مثل زاوية اب د المساوية لزاوية اجد . فبالمقدار الذي به زاويةُ اجب جزء واحد < تكون > به زاوية اه ب ثلاثة أجزاء . ولأن اب مثل ب ه يكون زاوية ب ا ه مثل زاوية ب ه ا ، فزاوية ب ا ه ثلاثة أجزاء بالمقدار الذي به زاوية اجب جزء واحد ، وزاوية ج ا ه بهذه الأجزاء جزآن ، فزاوية ب ا ج خمسة أجزاء بالأجزاء التي بها كلٌ واحدة من زاويتي اب ج اجب جزء واحد . فإذا عمل في الدائرة مثلث شبيه بمثلث اب ج — وفصلت زاوية ب ا ج[123] < خمس زوايا > كل واحدة منها مساوية لزاوية اب ج — انقسمت زوايا المثلث سبعة أجزاء متساوية . وإذا أخرجت الخطوط حتى تلقى[124] محيط الدائرة ، انقسمت الدائرة سبعة أقسام متساوية . فإذا أوترت القِسّي بالخطوط مستقيمةً / حدث في الدائرة مسبع متساوي الأضلاع والزوايا . وذلك ما أردنا أن نعمل. ٢٠٧-و

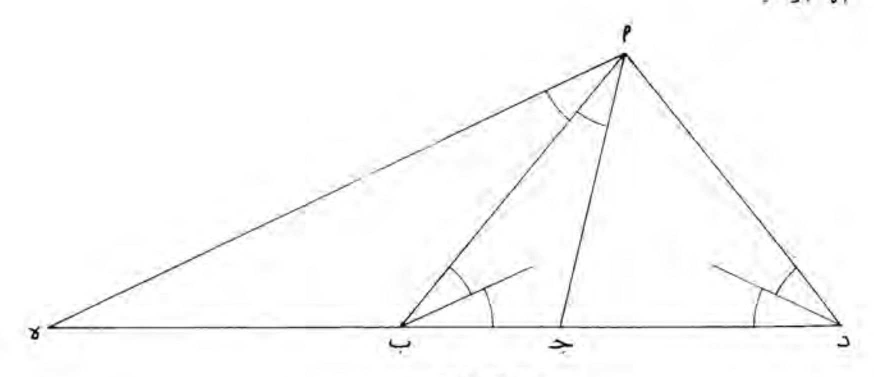
وأيضا فإنا نفرض المثلث الذي إحدى زواياه جزء واحد والزاوية الأخرى جزآن والزاوية الباقية أربعة أجزاء ونستخرج المسبع بهذا المثلث .

فعلى طريق التحليل نفرض أنا قد وجدنا مثلثا على هذه الصفة ، وليكن مثلث اب ج ، وليكن زاوية ا[125] منه جزءاً[126] واحدا وزاوية ب منه جزأين[127] وزاوية ج منه أربعة أجزاء ، ونجعل زاوية ب ج د جزءاً واحداً ، فيكون زاوية ا ج د ثلاثة أجزاء ويكون زاوية ا د ج أيضا ثلاثة أجزاء لأنها مثل زاويتي اب ج ب ج د ، فيكون مثلث اجد هو المثلث الأول من المثلثات التي استخرجناها . فإذا استخرجنا المثلث الأول كان شبيها بمثلث ا د ج . فإذا جعلنا[128] زاوية د ج ب مثل زاوية ج ا د صارت زاوية اجب أربعة أجزاء وصارت زاوية اب ج جزأين[127] . وأيضا فإنا إذا جعلنا زاوية ب ج ه جزأين[127] كانت زاوية ج ه ب ثلاثة أجزاء لأن زاوية ه ب ج جزآن[129] ، فيكون مثلث ب ه ج هو المثلث الثاني من المثلثات التي استخرجناها . فإذا جعلنا زاوية ه ج ا مثل زاوية ه ج ب صارت زاوية اجب أربعة[130] أجزاء وصارت ج اب جزءا واحدا . وأيضا فإنا إذا جعلنا زاوية اجز

١٢٢ – زاوية ١٢٣ – ب ا ج د وان ١٢٤ – يلقى ١٢٥ – ب ١٢٦ – جزأ
١٢٧ – جزئين ١٢٨ – جعلن ١٢٩ – جزئن ١٣٠ – ابعة

مثل زاوية جاز كانت زاوية زجب ثلاثة أجزاء ، فيكون زاوية ازج خمسة أجزاء لأنها مثل زاويتي زجب جبز فيكون مثلث ازج هو المثلث الثالث من المثلثات التي استخرجناها. فإذا جعلنا زاوية / زجد مثل زاوية جزد التي هي جزآن لأنها مثل زاويتي اجز جاز صارت < زاوية > جدز[131] ثلاثة أجزاء . ثم إذا جعلنا زاوية جاز < جزءا واحدا > صارت زاوية اجب أربعة أجزاء وزاوية جاب جزءاً واحداً فيكون زاوية ابج جزأين[127]، فمثلث ابج رجع إلى كلٍّ واحد من المثلثات الثلاث التي قدمنا بيانها . فـإذا أردنا[132] عمل المسبع بالمثلث الذي إحدى زواياه جزء واحد والزاوية الأخرى جزآن والثالثة أربعة أجزاء استخرجنا واحدا من المثلثات التي تقدمت وزدنا في إحدى زواياه الزيادة التي بيناها الآن . فنجد بـذلك المثلث الذي إحدى زواياه جزء واحد والأخرى جـزآن والثالثة أربعة أجزاء . ٢٠٨-١

وقد يمكن أن يعمل[133] هذا المثلث من غير أن يُرَدَّ إلى واحد من المثلثات المتقدمة . فلنُعِد المثلث ونخرجْ بج في الجهتين ونجعل[134] جد مثل جا و به مثل با ، ونصل اه اد .



< الشكل الخامس >

فلأن زاوية اجب أربعـة أجزاء يكون ادج جزأين[127] وزاوية ابج جـزأين[127] فزاوية < باد ثلاثة أجزاء وزاويتا ابد > ادب[135] متساويتان[136] ، فخط اد مثل خط

١٣١ – أجزاء ١٣٢ – أدرنا ١٣٣ – يحمل ١٣٤ – ونجعله ١٣٥ – ب د
١٣٦ – متساويتين

اب ، و اب مثل ب ه[137] ، فاد[138] مثل ب ه . ولأن زاوية اب ج جزآن يكون زاوية اه ب جزءا واحدا ، فزاوية اه ج مثل زاوية ب اج ، فمثلث اب ج شبيه بمثلث اه ج، فضرب ه ج في ج ب مثل مربع ج ا ، و ج ا مثل ج د فضرب ه ج[139] في ج ب مثل مربع ج د . ولأن ا ج مثل ج د يكون زاوية د ا ج مثل زاوية ا د ج ، وزاوية ا ج ب أربعة أجزاء، فزاوية د ا ج جزآن ، وزاوية اب ج جزآن ، فزاوية د ا ج مثل زاويـــة اب ج ، فمثلث ا د ج شبيه بمثلث ا ب د ، فضرب ب د في د ج مثـــل مربع د ا ، و د ا مثل ب ه ، فضرب ب د في د ج مثل مربع د ه ، فخط ه د مقسوم[140] بثلاثة أقسام وضرب ب د / في د ج[141] ١٠٨ مثل مربع ب ه وضرب ه ج في ج ب مثل مربع ج د . والخط المقسوم على هذه النسبة هو الذي يتم مقدمة أرشميدس . وهذا الخط هو الذي قسمه أبو سهل الكوهي وركب منـــه المثلث الذي إحدى زواياه جزء[142] واحد والزاوية الأخرى جزآن والزاوية الثالثة أربعة أجزاء ، واستخرج به ضلع المسبع .

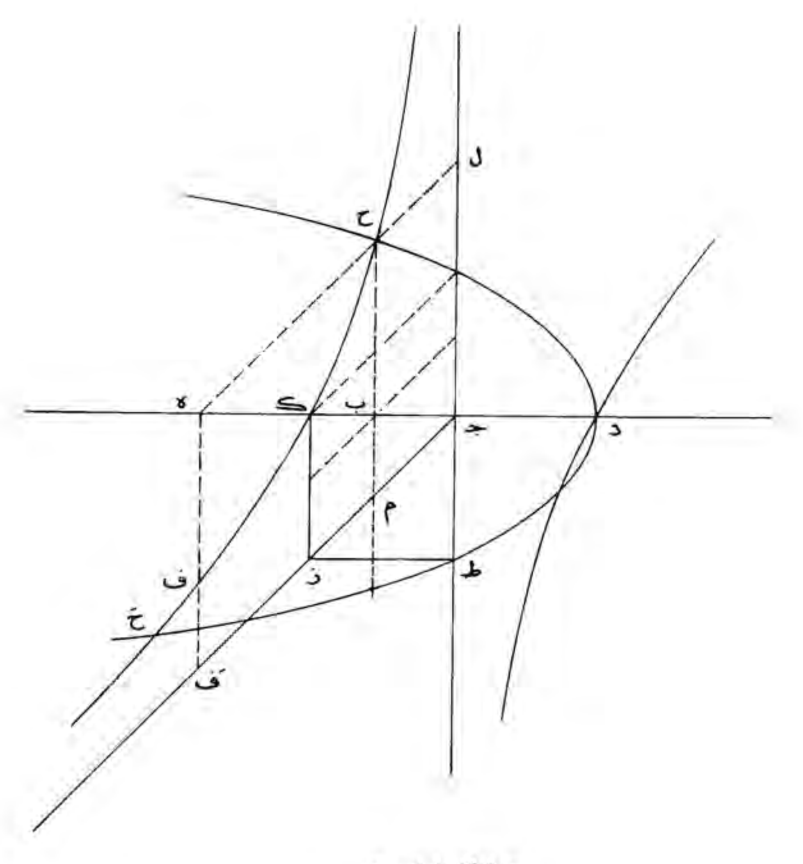
ونحن نقسم هذا الخط بطريق غير الطريق الذي قسم به أبو سهـــل ونبيّن قسمته[142]- أولا بالتحليل . فنجعل ج ك مثل ج د ونقيم على نقطة ك عمـــود ك ز[143] ونجعله مساويـــا ا ك ج ، ونخرج من نقطـــة ز خطا موازيا ا ك ج ، وليكن ز ط ، ونجعل ز ط مثل ز ك ، ونصل ز ج ط ك ، ونقيم على نقطة ج عمود ج ل <على خط ب ج ونخرج ب ح عمـــودا على ب ج ونجعل ب ح مساويا ا ب ه . فخط ب ح يقطع ز ج على نقطـــة م > ونعمل على نقطة د القطع المكافىء الذي سهمه خط د ب وضلعه القائم د ج < ولأن ح ب مثل ه ب ومربـــع ه ب مساوٍ لضرب ب د في د ج يكون مربع ح ب مساويا لضرب ب د في د ج ، فيمرّ القطع المكافىء بنقطة ح > وليكن قطع د ح[144] . ونرسم على نقطة ك القطع الزائد الذي لا يقع عليـــه خطا ز ج ج ل . <ولأن ك ز مثل ك ج يكون ب م مساويا ا ب ج ، فيكون ح م مساويا ا ه ج ، ولكن ضرب ه ج في ج ب مثـــل مربع ج ب ، فيكون ضرب م ح في ج ب مساويا لضرب ك ز في ك ج ويكون نسبـــة ح ل إلى ب ج كنسبة م ج إلى ب ج وكنسبة ز ج إلى ك ج ، فيكون نسبـــة ضرب ح ل في م ح إلى ضرب ب ج في م ح كنسبة ضرب ز ج في ك ز إلى ضرب ك ج في ك ز ، فيكون ضرب م ح في ح ل مثل ضرب ز ج

١٣٧ – د ه ١٣٨ – د د ١٣٩ – كرر باء ما قبلها فكتبها ب ه ج ١٤٠ – مقسومة
١٤١ – د ه ١٤٢ – ج ١٤٢ – ه قسميه ١٤٣ – ك د ١٤٤ – د ج

في كـز ، فيكون ح على القطع الزائد > * فهذا القطع يقطع قطع دح[144] لأن هذا القطع أعني الزائد يقرب[145] أبدا من خط جـل والقطع المكافىء يقطع جـل ثم يتجاوزه ويبعد عنه ، فليتقاطع القطعان على نقطة ح ، فنقطة ح من وراء خط جـل ، أعني مما يلي نقطة ل[146] لأن القطع الزائد يكون أبدا من وراء خط جـل* . ونخرج من نقطة ح عمود ح ب ، ونخرج ح ه موازيا لخط[147] ز جـ ، فإذا كان خط جـد معلوما كان جـ ك معلوم القدر والوضع ، فكان شكل كـ ز ط معلوم القدر والصورة وكانت نقطة ك معلومة فيكون القطع الزائد معلوم الوضع . ولأن جـد معلوم القدر يكون القطع المكافىء / معلوم الوضع ، فنقطة ح تكون[148] معلومة ، ويكون نقطة ب معلومة هي التي تعمل المثلث[149] . ٢٠٩-١

ولنركب هذا التحليل . فنفرض خطا معلوما ، وليكن كـد ، ونقسم بنصفين على نقطة جـ ، ونقيم على نقطة ك عمود كـز ونجعله مثل كـجـ ، ونخرج من نقطة ز خطا موازيا لخط[150] كـجـ ، وليكن ز ط ، ونجعل ز ط مثل كـجـ ، ونصل ز جـ[151] ط ك ، ونخرج من نقطة جـ عمود جـل ، ونجيز على نقطة ك القطع الزائد الذي لا يقع عليه خطا ز جـ جـل ، ونُجيز على د القطع المكافىء الذي سهمه كـد وضلعه القائم جـد ، فهذا القطع يقطع القطع الزائد للعلة التي ذكرناها من قبل . فليتقاطعا على نقطة ح ، ونخرج عمود ح ب[152] ، ونخرج ح ه موازيا لـ ز جـ ونُبْعِد[153] ح ب[154] إلى م فيكون ح ب مثل ب ه و ب م[155] مثل ب جـ ، فيكون ح م مثل جـ ه[156] و ح ل مثل م جـ ، فيكون ضرب ه جـ في جـ م مثل ضرب ح م في م جـ ، وضرب ح م في م جـ مثل ضرب ط ك في كـجـ ونسبة م جـ إلى جـ ب كنسبة ز جـ إلى جـ ك ، أعني نسبة ط ك إلى كـجـ التي هي نسبة ضرب ط ك في كـجـ[157] إلى مربع كـجـ . فنسبة ضرب ه جـ في جـ م إلى ضرب ه جـ في جـ ب كنسبة ضرب ط ك في كـجـ إلى مربع كـجـ ، وضرب ه جـ في جـ م مثل ضرب ط ك في كـجـ ، فضرب ه جـ في جـ ب مثل مربع جـ ك ، أعني جـد ، وضرب ب د في د جـ مثل مربع ح ب ، و ح ب مثل ب ه ، فضرب ب د في د جـ

١٤٥ – تقرب ١٤٦ – ك * ... * هذه الفقرة يجب أن تكون في التركيب لا في التحليل كما وردت في النص ولكننا أبقيناها كما هي . ومن الواضح أنه يجب إضافة ما أضفنا ووضع هذه الفقرة في التركيب حتى يستقيم التحليل ١٤٧ – بخط ١٤٨ – يكون ١٤٩ – المثلثة ١٥٠ – بخط ١٥١ – ر ط ١٥٢ – ح – ١٥٣ – ونبعد ١٥٤ – ح ب ١٥٥ د م ١٥٦ – فوق السطر هكذا ح ه ١٥٧ – كح



< الشكل السادس >

مثل مربع ب ه . فقد قسمنا خط ه د بثلاثة أقسام حتى صار ضرب ه ج في ج ب مثل مربع ج د ، وصار ضرب ب د في د ج مثل مربع ب ه[158] .

فلأن ضرب ه ج في ج ب مثل مربع ج د يكون ج د أعظم من ج ب ويكون ه ج — الذي هو مجموع ه ب و ب ج — أعظم من ج د . ولأن ضرب ب د[159] في د ج مثل مربع ب ه < فيكون ب ه > أعظم من ج د ويكون / ب د — الذي هو مجموع ب ج و ج د — أعظم من ب ه . فكل خطين من خطوط ه ب ب ج ج د أعظم من الخط الباقي . فقد يمكن أن يعمل[160] من هذه الخطوط الثلاثة مثلث ، وليكن ذلك المثلث مثلث ا ب ج ، وليكن ا ب مثل ب ه و ا ج مثل ج د ، ونصل ا ه ا د ، فيكون ضرب ه ج في ج ب مثل مربع ج ا ، فنسبة ه ج إلى ج ا كنسبة ا ج إلى ج ب ، فمثلثا ا ج ب ا ه ج متشابهان ، فزاوية ج ا ب مثل زاوية ا ه ب التي هي نصف زاوية ا ب ج . ولأن ضرب ب د في د ج مثل مربع ب ا و د ج مثل ج ا يكون ضرب ب ج في ج د مع مربع ج ا مثل مربع ب ا ، فمثلث ا ب د متساوي الساقين ، فخط د ا مثل خط ب ا ، فضرب ب د في د ج مثل مربع د ا ، فمثلث ا د ج شبيه بمثلث ا ب د ، فزاوية د ا ج مثل زاوية ا ب د التي هي مثل زاوية ا د ب ، فكل واحدة من زاويتي ا د ج ج ا د جزآن بالمقدار الذي به زاوية ب ا ج جزء واحد ، فزاوية ا ج ب أربعة أجزاء بالمقدار الذي به زاوية ب ا ج جزء واحد . فإذا قسمت زاوية ا ج ب[161] بنصفين ، وقسم كل نصف منها بنصفين ، انقسمت زوايا المثلث بسبعة أقسام متساوية .

وإذا أخرجت الخطوط التي ينقسم بها الزوايا إلى محيط الدائرة انقسم محيط الدائرة سبعة أقسام ، فإذا أوترت بخطوط مستقيمة حدث في[162] الدائرة مسبع متساوي الأضلاع والزوايا . /

فقد عملنا في الدائرة مسبعاً متساوي الأضلاع والزوايا بكل وجه يمكن أن نعمل به المسبع ، وذلك ما قصدنا له في هذه المقالة .

والحمد لله على التمام والصلوة على أفضل الأنام وآله الكرام

تم رسم أشكالها على ما في النسخة المنقولة عنها في الليلة المتممة للعشرين من شعبان سنة ١١٥٨ .

١٥٨ — د ، ه ١٥٩ — ب ، ج ١٦٠ — نعمل ١٦١ — ا ب ، ج ١٦٢ — د

Puisque le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est égal au carré de $\overline{CD}$, $\overline{CD}$ est plus grand que $\overline{CB}$, et $\overline{EC}$, qui est la somme de $\overline{EB}$ et de $\overline{BC}$, est plus grand que $\overline{CD}$. Puisque le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est égal au carré de $\overline{BE}$, $\overline{BE}$ est plus grand que $\overline{CD}$, et/$\overline{BD}$, qui est la somme de $\overline{BC}$ et de $\overline{CD}$, est plus grand que $\overline{BE}$. Donc la somme de deux quelconques des droites $\overline{EB}$, $\overline{BC}$, $\overline{CD}$ est plus grande que la droite qui reste. Il est donc possible de construire un triangle à partir de ces trois droites. Soit ce triangle le triangle $\overline{ABC}$. Soit $\overline{AB}$ égal à $\overline{BE}$, et $\overline{AC}$ égal à $\overline{CD}$. Joignons $\overline{AE}$ et $\overline{AD}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est donc égal au carré de $\overline{CA}$. Le rapport de $\overline{EC}$ à $\overline{CA}$ est donc égal au rapport de $\overline{AC}$ à $\overline{CB}$. Les deux triangles $\overline{ACB}$ et $\overline{AEC}$ sont donc semblables. L'angle $\overline{CAB}$ est donc égal à l'angle $\overline{AEB}$, qui est la moitié de l'angle $\overline{ABC}$. Puisque le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est égal au carré de $\overline{BA}$, et que $\overline{DC}$ est égal à $\overline{CA}$, le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ plus le carré de $\overline{CA}$ est égal au carré de $\overline{BA}$. Le triangle $\overline{ABD}$ est alors isocèle; la droite $\overline{DA}$ est donc égale à la droite $\overline{BA}$. Le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est donc égal au carré de $\overline{DA}$. Le triangle $\overline{ADC}$ est donc semblable au triangle $\overline{ABD}$; l'angle $\overline{DAC}$ est donc égal à l'angle $\overline{ABD}$, qui est égal à l'angle $\overline{ADB}$. Chacun des deux angles $\overline{ADC}$ et $\overline{CAD}$ est deux parties suivant la grandeur par laquelle l'angle $\overline{BAC}$ est une seule partie. L'angle $\overline{ACB}$ est quatre parties, suivant la grandeur par laquelle l'angle $\overline{BAC}$ est une seule partie. Si donc on divise l'angle $\overline{ACB}$ en deux moitiés, et qu'on divise chaque moitié en deux moitiés, les angles du triangle se divisent en sept parties égales. Si on mène les droites par lesquelles on a divisé les angles à la circonférence du cercle, la circonférence du cercle se divise en sept parties. Si on trace leurs cordes, il se forme dans le cercle un heptagone de côtés et d'angles égaux./

Nous avons construit dans le cercle un heptagone de côtés et d'angles égaux selon tous les cas par lesquels on peut construire l'heptagone. Tel était notre but dans ce traité.

Louange à Dieu pour avoir terminé, et bénédiction au plus distingué des hommes et à sa noble famille.

Le tracé des figures de ce *Traité* a été effectué conformément à l'exemplaire à partir duquel il a été copié, dans la nuit qui achève le vingt du mois de Shaʿbān, 1158.

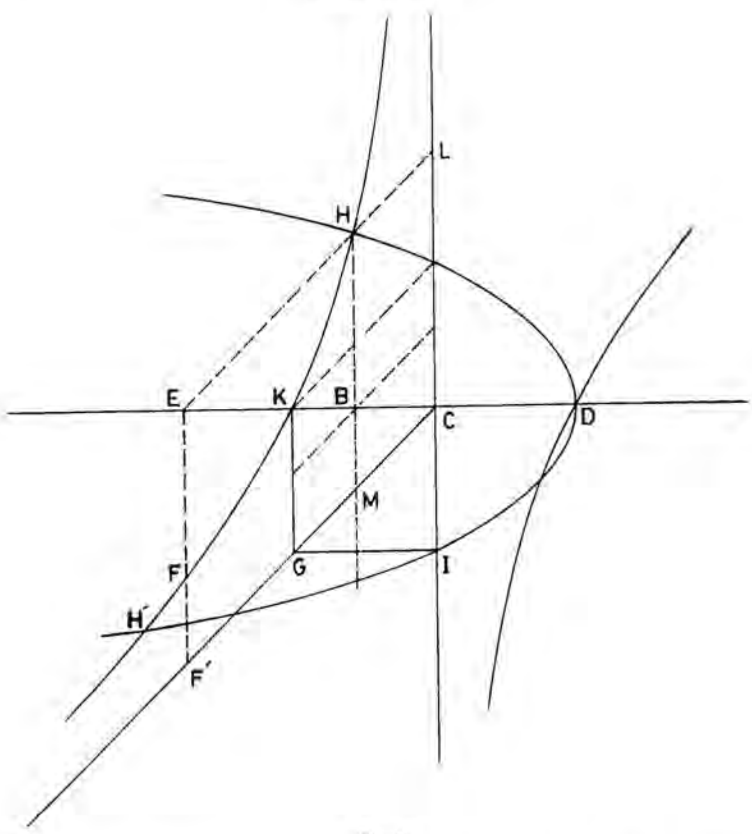


Fig. 6

au produit de $\overline{IK}$ par $\overline{KC}$. Or le rapport de $\overline{MC}$ à $\overline{CB}$ est égal au rapport de $\overline{GC}$ à $\overline{CK}$, c'est-à-dire au rapport de $\overline{IK}$ à $\overline{KC}$, qui est égal au rapport du produit de $\overline{IK}$ par $\overline{KC}$ au carré de $\overline{KC}$. Le rapport du produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CM}$ au produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est donc égal au rapport du produit de $\overline{IK}$ par $\overline{KC}$ au carré de $\overline{KC}$. Mais le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CM}$ est égal au produit de $\overline{IK}$ par $\overline{KC}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est donc égal au carré de $\overline{CK}$, c'est-à-dire ⟨au carré⟩ de $\overline{CD}$. Mais le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est égal au carré de $\overline{HB}$. Et $\overline{HB}$ est égal à $\overline{BE}$; le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est donc égal au carré de $\overline{BE}$. Nous avons donc divisé la droite $\overline{ED}$ en trois parties telles que le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ soit égal au carré de $\overline{CD}$, et que le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ soit égal au carré de $\overline{BE}$.

Nous allons démontrer sa division d'abord par l'analyse

Posons $\overline{CK}$ égal à $\overline{CD}$, élevons au point $\overline{K}$ la perpendiculaire $\overline{KG}$, et posons-la égale à $\overline{KC}$. Menons du point $\overline{G}$ une droite parallèle à $\overline{KC}$; soit $\overline{GI}$. Posons $\overline{GI}$ égale à $\overline{GK}$. Joignons $\overline{GC}$ et $\overline{IK}$. Au point $\overline{C}$ élevons la perpendiculaire $\overline{CL}$ sur la droite $\overline{BC}$, menons $\overline{BH}$ perpendiculaire à $\overline{BC}$, et posons $\overline{BH}$ égal à $\overline{BE}$. La droite $\overline{BH}$ coupe $\overline{GC}$ au point $\overline{M}$. Au point $\overline{D}$, traçons la parabole d'axe $\overline{DB}$, de côté droit $\overline{DC}$. Puisque $\overline{HB}$ est égal à $\overline{EB}$, et que le carré de $\overline{EB}$ est égal au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$, le carré de $\overline{HB}$ est égal au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$. La parabole passe donc par le point $\overline{H}$. Soit la section $\overline{DH}$. Traçons l'hyperbole qui passe par le point $\overline{K}$ et ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{GC}$ et $\overline{CL}$. Puisque $\overline{KG}$ est égal à $\overline{KC}$, $\overline{BM}$ est égal à $\overline{BC}$; $\overline{HM}$ est donc égal à $\overline{EC}$. Mais le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est égal au carré de $\overline{CD}$. Le produit de $\overline{MH}$ par $\overline{CB}$ est donc égal au produit de $\overline{KG}$ par $\overline{KC}$, et le rapport de $\overline{HL}$ à $\overline{BC}$ est donc égal au rapport de $\overline{MC}$ à $\overline{BC}$, qui est égal au rapport de $\overline{GC}$ à $\overline{KC}$. Le rapport du produit de $\overline{HL}$ par $\overline{MH}$ au produit de $\overline{BC}$ par $\overline{MH}$ est donc égal au rapport du produit de $\overline{GC}$ par $\overline{KG}$, au produit de $\overline{KC}$ par $\overline{KG}$. Le produit de $\overline{MH}$ par $\overline{HL}$ est donc égal au produit de $\overline{GC}$ par $\overline{KG}$. Le point $\overline{H}$ est donc sur l'hyperbole.

* Cette section coupe la section $\overline{DH}$ car cette section, c'est-à-dire l'hyperbole, s'approche toujours de la droite $\overline{CL}$, et l'hyperbole coupe $\overline{CL}$ pour le dépasser ensuite et s'en éloigner. Que les deux sections se coupent au point $\overline{H}$; le point $\overline{H}$ est donc au-delà de la droite $\overline{CL}$, c'est-à-dire au-delà du point $\overline{L}$, car l'hyperbole est toujours au-delà de la droite $\overline{CL}$.*[1]

Menons du point $\overline{H}$ la perpendiculaire $\overline{HB}$, et menons $\overline{HE}$ parallèle à la droite $\overline{GC}$. Si donc la droite $\overline{CD}$ est connue, $\overline{CK}$ sera de grandeur et de position connues, et la figure $\overline{KGI}$ sera de grandeur et de forme connues et le point $\overline{K}$ sera connu; l'hyperbole sera alors de position connue. Puisque $\overline{CD}$ est de grandeur connue, la parabole / est de position connue. Le point $\overline{H}$ est donc connu, et le point $\overline{B}$ est connu. C'est à partir de lui qu'on construit le triangle.

Composons cette analyse:

Supposons une droite connue; soit $\overline{KD}$. Divisons la en deux moitiés au point $\overline{C}$; élevons au point $\overline{K}$ la perpendiculaire $\overline{KG}$, et posons la égale à $\overline{KC}$. Menons du point $\overline{G}$ une droite parallèle à $\overline{KC}$; soit $\overline{GI}$. Posons $\overline{GI}$ égale à $\overline{KC}$. Joignons $\overline{GC}$ et $\overline{IK}$. Menons du point $\overline{C}$ la perpendiculaire $\overline{CL}$, et faisons passer par le point $\overline{K}$ l'hyperbole ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{GC}$ et $\overline{CL}$. Faisons passer par le point $\overline{D}$ la parabole d'axe $\overline{KD}$ et de côté droit $\overline{CD}$. Cette section coupe l'hyperbole pour la raison que nous avons précédemment mentionnée. Qu'elles se coupent au point $\overline{H}$. Menons la perpendiculaire $\overline{HB}$, et menons $\overline{HE}$ parallèle à $\overline{GC}$. Prolongeons $\overline{HB}$ jusqu'à $\overline{M}$. $\overline{HB}$ est donc égal à $\overline{BE}$, et $\overline{BM}$ à $\overline{BC}$. $\overline{HM}$ est donc égal à $\overline{CE}$, et $\overline{HL}$ à $\overline{MC}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CM}$ est donc égal au produit de $\overline{HM}$ par $\overline{MC}$. Mais le produit de $\overline{HM}$ par $\overline{MC}$ est égal

1. Le paragraphe entre *..* devrait figurer dans la synthèse, et non pas dans l'analyse.

dents et l'on augmente l'un de ses angles de l'excédent mentionné maintenant. Nous trouvons ainsi le triangle dont l'un des angles est une seule partie, l'autre deux parties et le troisième quatre parties.

Mais il est possible de construire ce triangle sans le réduire à l'un des triangles précédents. Traçons donc le triangle et menons $\overline{BC}$ de part et d'autre; posons $\overline{CD}$ égal à $\overline{CA}$, $\overline{BE}$ égal à $\overline{BA}$, et joignons $\overline{AE}$ et $\overline{AD}$. Puisque l'angle $\overline{ACB}$ est quatre parties, $\overline{ADC}$ est deux parties, et l'angle $\overline{ABC}$ est deux parties.

Donc l'angle $\overline{BAD}$ est trois parties, et les deux angles $\overline{ABD}$ et $\overline{ADB}$ sont égaux. Donc la droite $\overline{AD}$ est égale à la droite $\overline{AB}$. Or $\overline{AB}$ est égal à $\overline{BE}$. Donc $\overline{AD}$ est égal à $\overline{BE}$.

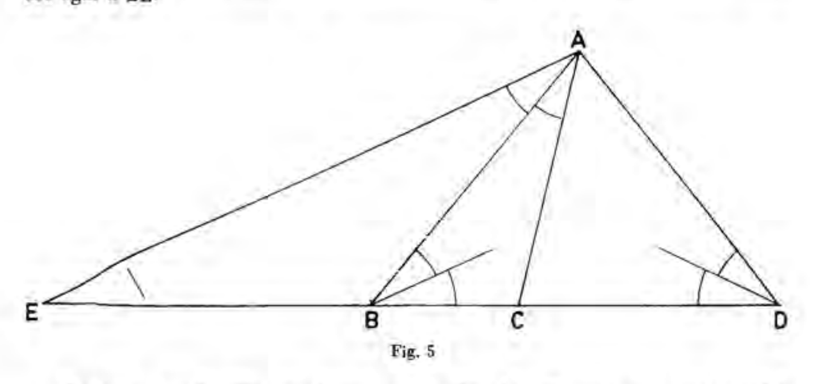


Fig. 5

Puisque l'angle $\overline{ABC}$ est deux parties, l'angle $\overline{AEB}$ est une seule partie, donc l'angle $\overline{AEC}$ est égal à l'angle $\overline{BAC}$. Le triangle $\overline{ABC}$ est donc semblable au triangle $\overline{AEC}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est donc égal au carré de $\overline{CA}$. Mais $\overline{CA}$ est égal à $\overline{CD}$. D'où le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est égal au carré de $\overline{CD}$. Puisque $\overline{AC}$ est égal à $\overline{CD}$, l'angle $\overline{DAC}$ est égal à l'angle $\overline{ADC}$; mais l'angle $\overline{ACB}$ est quatre parties; alors l'angle $\overline{DAC}$ est deux parties; mais l'angle $\overline{ABC}$ est deux parties, donc l'angle $\overline{DAC}$ est égal à l'angle $\overline{ABC}$. Le triangle $\overline{ADC}$ est donc semblable au triangle $\overline{ABD}$. Le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est donc égal au carré de $\overline{DA}$. Mais $\overline{DA}$ est égal à $\overline{BE}$; donc le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DC}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. La 208v droite $\overline{ED}$ est donc divisée en trois parties, et le produit de $\overline{BD}$ / par $\overline{DC}$ est égal au carré de $\overline{BE}$; et le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CB}$ est égal au carré de $\overline{CD}$. La droite $\langle\overline{DE}\rangle$ divisée selon ce rapport est celle qui achève le lemme d'Archimède. C'est la droite qui a été divisée par Abū-Sahl al-Qūhī et à partir de laquelle il a composé le triangle dont l'un des angles est une seule partie, l'autre deux parties, et le troisième quatre parties, et à partir duquel il a déterminé l'heptagone. Nous divisons cette droite par une méthode autre que la méthode par laquelle l'a divisée Abū-Sahl.

parties. Puisque $\overline{AB}$ est égal à $\overline{BE}$, l'angle $\overline{BAE}$ est égal à l'angle $\overline{BEA}$. Donc l'angle $\overline{BAE}$ est trois parties suivant la grandeur par laquelle l'angle $\overline{ACB}$ est une seule partie. Et l'angle $\overline{CAE}$ est deux parties de ces parties. Donc l'angle $\overline{BAC}$ est cinq parties des parties par lesquelles chacun des deux angles $\overline{ABC}$ et $\overline{ACB}$ est une seule partie. Si donc on construit dans le cercle un triangle semblable à $\overline{ABC}$, et si on sépare l'angle $\overline{BAC}$ en cinq angles dont chacun est égal à l'angle $\overline{ABC}$, les angles du triangle se divisent en sept angles égaux. Si on mène les droites jusqu'à ce qu'elles rencontrent la circonférence du cercle, le cercle se divise en sept parties égales. Si on trace les cordes, / il se forme dans le cercle un heptagone de côtés et d'angles égaux. C'est ce que nous voulions construire.

⟨Quatrième cas⟩

De même, supposons le triangle dont l'un des angles est une seule partie, l'autre deux parties, et celui qui reste quatre parties, et déterminons l'heptagone à partir de ce triangle.

Par la voie de l'analyse:

Supposons que nous avons trouvé un triangle répondant à cette propriété; soit le triangle $\overline{ABC}$. Soit son angle $\overline{A}$ une seule partie, son angle $\overline{B}$ deux parties, son angle $\overline{C}$ quatre parties. Posons l'angle $\overline{BCD}$ une seule partie; l'angle $\overline{ACD}$ sera alors trois parties et l'angle $\overline{ADC}$ également trois parties, car il est égal à la somme de $\overline{ABC}$ et $\overline{BCD}$. Le triangle $\overline{ACD}$ est donc le premier triangle des triangles que nous avons déterminés. Si donc nous déterminons le premier triangle, il sera semblable au triangle $\overline{ADC}$, et si nous posons l'angle $\overline{DCB}$ égal à l'angle $\overline{CAD}$, alors l'angle $\overline{ACB}$ sera quatre parties et l'angle $\overline{ABC}$ deux parties. Si nous posons également l'angle $\overline{BCE}$ égal à deux parties, l'angle $\overline{CEB}$ est alors trois parties, car l'angle $\overline{EBC}$ est deux parties. Le triangle $\overline{BEC}$ sera alors le deuxième triangle des triangles que nous avons déterminés.

Si on pose l'angle $\overline{ECA}$ égal à l'angle $\overline{ECB}$, l'angle $\overline{ACB}$ sera alors quatre parties et l'angle $\overline{CAB}$ sera une seule partie.

Si nous posons également l'angle $\overline{ACG}$ égal à l'angle $\overline{CAG}$, alors l'angle $\overline{GCB}$ sera trois parties, et l'angle $\overline{AGC}$ sera donc cinq parties, car il est la somme des deux angles $\overline{GCB}$ et $\overline{GBC}$. Le triangle $\overline{AGC}$ sera alors le troisième triangle des triangles que nous avons déterminés.

Si nous posons l'angle/ $\overline{GCD}$ égal à l'angle $\overline{CGD}$, qui est deux parties, car il est la somme des deux angles $\overline{ACG}$ et $\overline{CAG}$, l'angle $\overline{CDG}$ sera alors trois parties.

Si nous posons ensuite l'angle $\overline{CAG}$ égal à une seule partie, l'angle $\overline{ACB}$ sera alors quatre parties, et l'angle $\overline{CAB}$ sera alors une seule partie. L'angle $\overline{ABC}$ sera donc deux parties, et le triangle $\overline{ABC}$ se ramène à chacun des trois triangles que nous avons précédemment montrés. Si on veut construire l'heptagone à partir du triangle dont un angle est une seule partie, l'autre deux parties, et le troisième quatre parties, on détermine l'un des triangles précé-

$\overline{DI}$; si elle dépasse ensuite la droite $\overline{DI}$, elle s'éloigne de la droite $\overline{DI}$, car la droite menée du point de l'intersection tangente à la section coupe la droite $\overline{DI}$. Si elle est menée de part et d'autre, elle s'éloigne de la droite $\overline{DI}$. La section ⟨$\overline{KH}$⟩ au dessous de la tangente coupe la parabole $\overline{CH}$; si elle s'éloigne du point de l'intersection, elle s'éloigne de la droite $\overline{DI}$. La section $\overline{KH}$, à mesure qu'on la prolonge, s'approche de la droite $\overline{DI}$.

Il en résulte donc nécessairement que les deux sections se coupent; soit au point $\overline{H}$. Menons la perpendiculaire $\overline{HB}$ à l'axe de la parabole, et menons du point $\overline{H}$ également une droite parallèle à $\overline{DL}$. Soit $\overline{HEM}$. Chacun des deux triangles $\overline{HBE}$ et $\overline{EDM}$ est donc semblable au triangle $\overline{DKL}$. $\overline{HB}$ est alors égal à $\overline{BE}$, et $\overline{ED}$ égal à $\overline{DM}$. D'où le rapport de $\overline{HE}$ à $\overline{EB}$ est égal au rapport de $\overline{LD}$ à $\overline{DK}$, égal au rapport de $\overline{ME}$ à $\overline{ED}$, et égal au rapport de $\overline{HM}$ à $\overline{BD}$. Le rapport de $\overline{HM}$ à $\overline{BD}$ est donc égal au rapport de $\overline{LD}$ à $\overline{DK}$, c'est-à-dire au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KL}$. Le rapport du produit de $\overline{HM}$ par $\overline{ED}$ au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est donc égal au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KL}$, qui est égal au rapport du produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KL}$ au carré de $\overline{KL}$. Mais $\overline{ED}$ est égal à $\overline{DM}$, et $\overline{DM}$ est égal à $\overline{HI}$. Le rapport du produit de $\overline{HM}$ par $\overline{HI}$ au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est donc égal au rapport du produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KL}$ au carré de $\overline{KL}$. Or le produit de $\overline{HM}$ par $\overline{HI}$ est égal au produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KL}$. Donc le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{KL}$, c'est-à-dire au carré de $\overline{DK}$. Mais $\overline{DK}$ est égal à $\overline{DC}$. Le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est donc égal au carré de $\overline{DC}$. Puisque $\overline{KC}$ est le double de $\overline{CD}$, le produit de $\overline{KC}$ par $\overline{CD}$ est égal au double du carré de $\overline{KL}$. Le point $\overline{L}$ est donc à l'intérieur / de la section ⟨la parabole⟩. La parabole[1] coupe donc la droite $\overline{DI}$ au-delà du point $\overline{L}$. Le point $\overline{H}$ se trouve donc au-delà du point $\overline{L}$. La droite $\overline{HB}$ est donc au-delà de la droite $\overline{KL}$. La droite $\overline{BD}$ est donc plus grande que la droite $\overline{DK}$. Mais le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{DK}$. Donc $\overline{DE}$ est plus petit que $\overline{DK}$. Donc il est plus petit que $\overline{DC}$. Or $\overline{EC}$ est plus petit que le double de $\overline{DC}$. Et le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{HB}$. Mais $\overline{HB}$ est égal à $\overline{BE}$. Le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au carré de $\overline{EB}$. Le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CE}$ est donc plus petit que le double du carré de $\overline{EB}$. $\overline{EC}$ est donc plus petit que $\overline{EB}$. Le double de $\overline{EB}$ est donc plus grand que $\overline{BC}$. Il est donc possible de construire sur la droite $\overline{BC}$ un triangle isocèle tel que sa base soit la droite $\overline{BC}$ et que chacun des deux côtés qui restent soit égal à $\overline{BE}$. Que ce triangle soit le triangle $\overline{ABC}$. Joignons $\overline{AD}$ et $\overline{AE}$. Puisque $\overline{AC}$ est égal à $\overline{EB}$, le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{CA}$; donc le triangle $\overline{ACD}$ est semblable au triangle $\overline{ABC}$. Le rapport de $\overline{BC}$ à $\overline{CA}$ est donc égal au rapport de $\overline{AC}$ à $\overline{CD}$. L'angle $\overline{CAD}$ est donc égal à l'angle $\overline{ABC}$, qui est égal à l'angle $\overline{ACB}$. L'angle $\overline{CAD}$ est donc égal à l'angle $\overline{ACB}$. La droite $\overline{AD}$ est donc égale à la droite $\overline{CD}$. Le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est donc égal au carré de $\overline{DA}$. Le triangle $\overline{ADE}$ est alors semblable au triangle $\overline{ABD}$. L'angle $\overline{DAE}$ est donc égal à l'angle $\overline{ABD}$, qui est égal à l'angle $\overline{ACD}$. Donc, suivant la grandeur par laquelle l'angle $\overline{ACB}$ est une seule partie, l'angle $\overline{AEB}$ est trois

1. Litt.: la section.

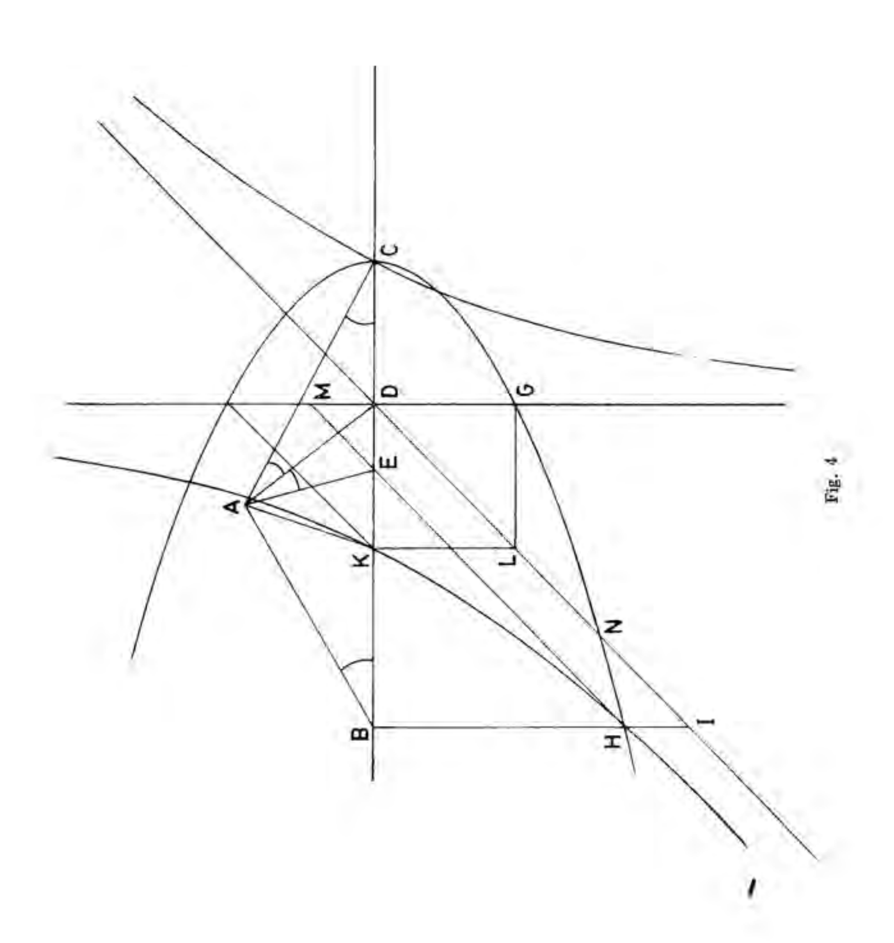


Fig. 4

égal au carré de $\overline{DA}$. Mais $\overline{DA}$ est égal à $\overline{DC}$, car l'angle $\overline{CAD}$ est égal à l'angle $\overline{ACD}$. Donc le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{DC}$. Puisque chacun des deux angles $\overline{CAD}$ et $\overline{DAE}$ est égal à l'angle $\overline{ABD}$, qui est égal à l'angle $\overline{ACD}$, l'angle $\overline{AEB}$ est trois fois l'angle $\overline{ACB}$; l'angle $\overline{BAC}$ est cinq fois l'angle $\overline{ACB}$; et l'angle $\overline{EAC}$ est le double de l'angle $\overline{ACB}$. Donc l'angle $\overline{BAE}$ est trois fois l'angle $\overline{ACB}$. Donc l'angle $\overline{BAE}$ est égal à l'angle $\overline{AEB}$. D'où la droite $\overline{AB}$ est égale à la droite $\overline{BE}$. Le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au carré de $\overline{EB}$.

Posons $\overline{DK}$ égal à $\overline{DC}$, et élevons au point $\overline{K}$ la perpendiculaire $\overline{KL}$; posons-la égale à $\overline{KD}$; élevons également au point $\overline{D}$ la perpendiculaire $\overline{DG}$ et posons-la égale à $\overline{DK}$. Joignons $\overline{GK}$ et $\overline{DL}$, et élevons au point $\overline{B}$ la perpendiculaire $\overline{BH}$; posons-la égale à $\overline{BE}$; joignons $\overline{HE}$ et prolongeons-le jusqu'à $\overline{M}$. $\overline{DM}$ est alors 206r égal / à $\overline{DE}$. Menons la droite $\overline{DL}$ jusqu'à ce qu'elle rencontre la droite $\overline{BH}$; soit en $\overline{I}$. Puisque $\overline{HB}$ est parallèle à $\overline{DM}$, le rapport de $\overline{HE}$ à $\overline{EB}$ est égal au rapport de $\overline{ME}$ à $\overline{ED}$ et est égal au rapport de $\overline{HM}$ à $\overline{BD}$; et le rapport de $\overline{HE}$ à $\overline{EB}$ est égal au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KD}$. Donc le rapport de $\overline{HM}$ à $\overline{BD}$ est égal au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KD}$. Or le rapport de $\overline{HM}$ à $\overline{BD}$ est égal au rapport du produit de $\overline{HM}$ par $\overline{ED}$ au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{ED}$. Donc le rapport du produit de $\overline{HM}$ par $\overline{ED}$ au produit de $\overline{BD}$ par $\overline{ED}$ est égal au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KD}$, c'est-à-dire au rapport de $\overline{GK}$ à $\overline{KL}$, qui est égal au rapport du produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KL}$ au carré de $\overline{KL}$. Mais le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{ED}$ est égal au carré de $\overline{DC}$, lequel est égal à $\overline{KL}$. Donc le produit de $\overline{HM}$ par $\overline{ED}$ est égal au produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KL}$. Mais $\overline{ED}$ est égal à $\overline{DM}$ et $\overline{DM}$ est égal à $\overline{HI}$. Donc le produit de $\overline{HM}$ par $\overline{HI}$ est égal au produit de $\overline{GK}$ par $\overline{KD}$. Donc l'hyperbole passant par le point $\overline{K}$ et admettant pour asymptotes les deux droites $\overline{GD}$ et $\overline{DI}$ passe par le point $\overline{H}$. Que cette hyperbole soit la section $\overline{KH}$.

Puisque le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{EB}$, et que $\overline{EB}$ est égal à $\overline{BH}$, la parabole dont l'axe est $\overline{BC}$ et le côté droit $\overline{DC}$, et de sommet $\overline{C}$, passe par le point $\overline{H}$. Que cette parabole soit la section $\overline{CH}$. Le point $\overline{H}$ est alors l'intersection de ces deux sections. Si donc $\overline{DC}$ est connu, les deux sections seront connues, le point $\overline{H}$ sera connu, et les deux points $\overline{E}$ et $\overline{B}$ seront connus.

Composons cette analyse:

Supposons une droite donnée. Soit $\overline{CK}$. Partageons-la en deux moitiés au point $\overline{D}$, et élevons aux deux points $\overline{D}$ et $\overline{K}$ deux perpendiculaires; soient $\overline{DG}$ et $\overline{KL}$. Posons chacune de $\overline{DG}$ et $\overline{KL}$ égale à $\overline{KD}$. Joignons $\overline{GK}$ et $\overline{DL}$, et prolongeons $\overline{DL}$ jusqu'en $\overline{I}$. Faisons passer par le point $\overline{K}$ l'hyperbole ayant 206v pour asymptotes les deux droites $\overline{GD}$ et $\overline{DI}$./ Soit la section $\overline{KH}$. Prolongeons $\overline{DK}$ du côté de $\overline{K}$. Traçons au point $\overline{C}$ la parabole dont l'axe est $\overline{CK}$, de sommet le point $\overline{C}$, et de côté droit la droite $\overline{CD}$. Soit la section $\overline{CH}$. Cette section coupe la droite $\overline{DI}$ car toute droite qui coupe l'axe de la parabole coupe la parabole[1] en deux points de part et d'autre de l'axe. Donc la section $\overline{CH}$ coupe la droite

1. Litt.: la circonférence de la section.

donc le rapport du produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GL}$ au produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au rapport du produit de $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$ au carré de $\overline{EB}$. Mais le produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GL}$ est égal au produit de $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$. Donc le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. Donc le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$; donc le rapport de $\overline{EC}$ à $\overline{CB}$ est égal au rapport de $\overline{BD}$ à $\overline{DC}$. Or $\overline{EC}$ est plus grand que $\overline{CB}$. Donc $\overline{DB}$ / est plus grand que $\overline{DC}$. Donc $\overline{BN}$ est beaucoup plus grand que $\overline{DC}$. Donc les deux droites $\overline{BE}$ et $\overline{BN}$ sont beaucoup plus grandes que $\overline{BC}$. On peut donc construire à partir des droites $\overline{EB}$, $\overline{BN}$, $\overline{BC}$ un triangle; soit ce triangle le triangle $\overline{BAC}$. Chacune des deux droites $\overline{BA}$ et $\overline{CA}$ est donc égale à $\overline{BE}$. Donc le produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$ est égal au carré de $\overline{BA}$. Donc le triangle $\overline{ABD}$ est semblable au triangle $\overline{ABC}$; et l'angle $\overline{BAD}$ est égal à l'angle $\overline{ACB}$; et l'angle $\overline{ADB}$ est égal à l'angle $\overline{BAC}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$; il est donc égal au carré de $\overline{CA}$. Le triangle $\overline{ADC}$ est donc semblable au triangle $\overline{AEC}$, et l'angle $\overline{CAD}$ est égal à l'angle $\overline{AEC}$; et l'angle $\overline{ABC}$ est le double de l'angle $\overline{AEC}$, car $\overline{AB}$ est égal à $\overline{BE}$. Donc l'angle $\overline{ABC}$ est le double de l'angle $\overline{CAD}$. Donc l'angle $\overline{ADB}$ est égal à trois fois l'angle $\overline{CAD}$. Or l'angle $\overline{ADB}$ est égal à l'angle $\overline{BAC}$. Donc l'angle $\overline{BAC}$ est égal à trois fois l'angle $\overline{CAD}$. Or le triangle $\overline{ABC}$ est isocèle; ses deux côtés égaux sont $\overline{AB}$ et $\overline{AC}$; donc chacun des deux angles $\overline{ABC}$ et $\overline{ACB}$ est deux parties suivant la grandeur par laquelle l'angle $\overline{BAC}$ est trois parties.

205r

Si donc on construit dans le cercle un triangle semblable au triangle $\overline{ABC}$, et si on divise chacun des deux angles à la base en deux moitiés, et si on sépare de l'angle au sommet un angle égal à un angle à la base, que l'on divise en deux moitiés, les angles du triangle se divisent en sept parties égales. Si on mène les droites qui séparent les angles jusqu'à la circonférence du cercle, la circonférence du cercle se divise en sept parties égales. /Si on trace leurs cordes, il se forme un heptagone dont les côtés et les angles sont égaux. C'est ce que nous voulions construire.

205v

⟨Troisième cas⟩

De même supposons un triangle isocèle dont chacun des angles à la base est une seule partie, et l'angle au sommet cinq parties.

On détermine l'heptagone à partir de ce triangle par la voie de l'analyse.

Supposons que nous avons trouvé un triangle répondant à cette propriété. Soit le triangle $\overline{ABC}$. Et soit chacun des deux angles $\overline{ABC}$ et $\overline{ACB}$ une seule partie. Soit l'angle $\overline{BAC}$ cinq parties. Posons l'angle $\overline{CAD}$ égal à l'angle $\overline{ABC}$. Posons également l'angle $\overline{DAE}$ égal à l'angle $\overline{ABC}$. Puisque l'angle $\overline{CAD}$ est égal à l'angle $\overline{ABC}$, le triangle $\overline{ACD}$ est semblable au triangle $\overline{ABC}$; d'où le rapport de $\overline{BC}$ à $\overline{CA}$ est égal au rapport de $\overline{AC}$ à $\overline{CD}$. Le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au carré de $\overline{CA}$. Mais $\overline{CA}$ est égal à $\overline{AB}$. Le produit de $\overline{BC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au carré de $\overline{AB}$. Puisque l'angle $\overline{DAE}$ est égal à l'angle $\overline{ABD}$, le triangle $\overline{ADE}$ est semblable au triangle $\overline{ABD}$. Le produit de $\overline{BD}$ par $\overline{DE}$ est donc

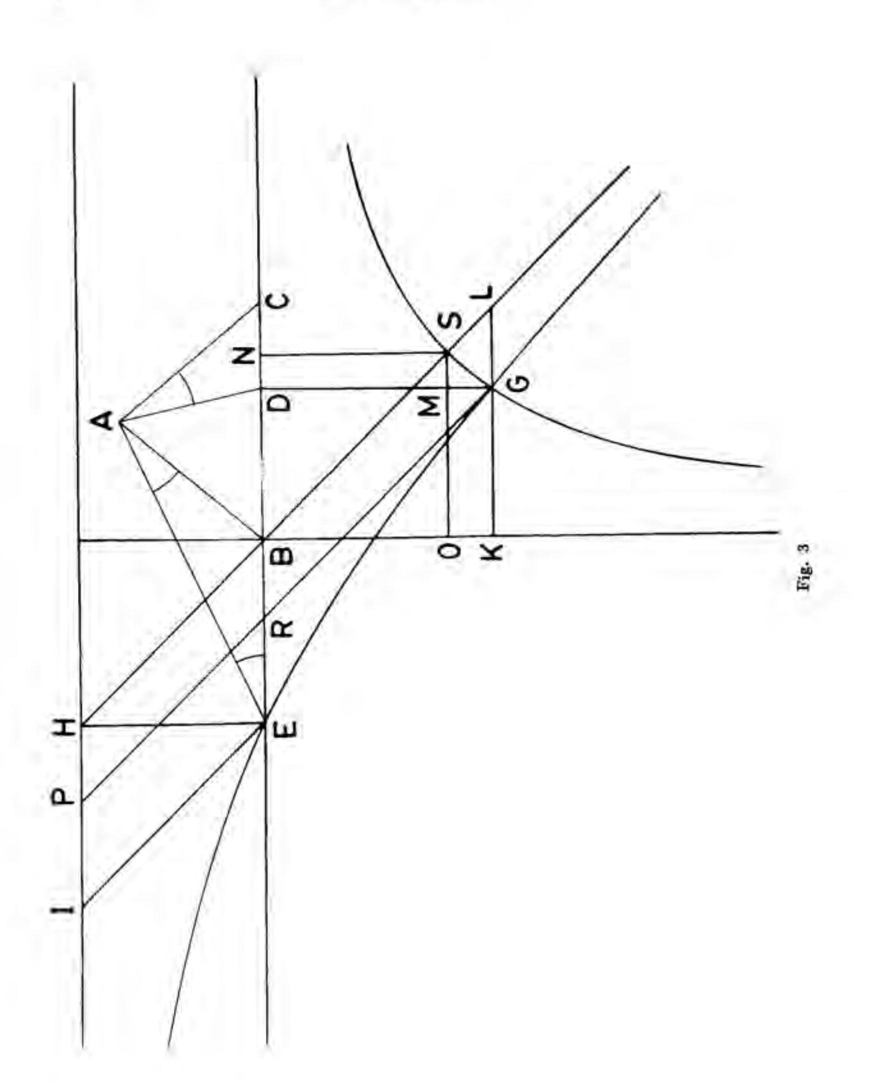


Fig. 3

Puisque le rapport de $\overline{LB}$ à $\overline{BK}$, qui est égal à $\overline{BC}$, est égal au rapport de $\overline{HB}$ à $\overline{BE}$, et est égal au rapport du tout au tout,[1] le rapport de $\overline{LH}$ à $\overline{EC}$ est égal au rapport de $\overline{HB}$ à $\overline{BE}$, qui est égal au rapport du produit de $\overline{HB}$ par $\overline{BE}$ au carré de $\overline{BE}$. Donc le rapport du produit de $\overline{LH}$ par $\overline{CD}$ au produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au rapport du produit de $\overline{HB}$ par $\overline{BE}$ au carré de $\overline{BE}$. Mais le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. Donc le produit de $\overline{LH}$ par $\overline{CD}$ est égal au produit de $\overline{HB}$ par $\overline{BE}$, et $\overline{CD}$ est égal à $\overline{LG}$, et $\overline{LG}$ est égal à $\overline{HP}$, et $\overline{LH}$ est égal à $\overline{GP}$, donc le produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GL}$ est égal au produit de $\overline{HB}$ par $\overline{BE}$, c'est-à-dire $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$. Donc l'hyperbole passant par le point E et ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{LH}$ et $\overline{HI}$ passe par le point $\overline{G}$. Soit cette hyperbole la section $\overline{EG}$. Le point G est alors l'intersection des deux hyperboles. Si donc la droite $\overline{BE}$ est de grandeur et de position connues, la surface $\overline{BI}$ est de grandeur et de forme connues, et le carré $\overline{NO}$ est de grandeur et de forme connues, donc le point $\overline{S}$ sera connu; et les deux droites $\overline{KB}$ et $\overline{BH}$ sont de position connue, et la section $\overline{SG}$ est de position connue; et les deux droites $\overline{HL}$ et $\overline{HI}$ sont de position connue. Et le point $\overline{E}$ est de position connue. Donc la section $\overline{EG}$ est de position connue; donc le point $\overline{G}$ est l'intersection de deux sections de position connue.

204v Si donc on mène / du point G la perpendiculaire $\overline{GD}$, si on mène la perpendiculaire $\overline{GKL}$, et si on pose $\overline{BC}$ égal à $\overline{LK}$, $\overline{DC}$ est alors égal à $\overline{LG}$, d'où le produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$, qui est connu. Et on a chacune des deux droites $\overline{BA}$ et $\overline{AC}$ égale à la droite $\overline{BE}$, qui est connue.

Composons cette analyse:

Supposons une droite connue; soit $\overline{BE}$. Et posons $\overline{BN}$ égal à $\overline{BE}$. Construisons sur $\overline{BN}$ un carré, soit $\overline{BNSO}$. Faisons passer par le point $\overline{S}$ l'hyperbole ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{BN}$ et $\overline{BO}$. Soit la section $\overline{SG}$. Joignons $\overline{BS}$, et prolongeons-le des deux côtés, en $\overline{H}$ et en $\overline{L}$; menons du point $\overline{E}$ la perpendiculaire $\overline{EH}$, et posons-la égale à $\overline{EB}$; menons $\overline{HI}$ parallèle à $\overline{BE}$, et $\overline{EI}$ parallèle à $\overline{BH}$; faisons passer par le point $\overline{E}$ l'hyperbole ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{LH}$ et $\overline{HI}$. Cette section coupe la section $\overline{SG}$ car elle s'approche toujours de la droite $\overline{HL}$. Qu'elle la coupe au point $\overline{G}$. Menons du point $\overline{G}$ la droite $\overline{GD}$ parallèle à la droite $\overline{KB}$; et menons $\overline{KGL}$ parallèle à la droite $\overline{BD}$; posons $\overline{DC}$ égal à $\overline{GL}$. On a $\overline{BC}$ égal à $\overline{KL}$, c'est-à-dire égal à $\overline{KB}$. Donc le produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$, qui est ⟨la surface⟩ $\overline{NO}$, qui est un carré. Donc le produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GL}$ est égal au produit de $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$, mais le rapport de $\overline{LB}$ à $\overline{BK}$, je veux dire $\overline{BC}$, est égal au rapport de $\overline{HB}$ à $\overline{HE}$, je veux dire $\overline{BE}$, et est égal au rapport de $\overline{HL}$ à $\overline{EC}$; donc le rapport de $\overline{HB}$ à $\overline{BE}$, c'est-à-dire le rapport du produit de $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$ au carré de $\overline{BE}$, est égal au rapport de $\overline{HL}$ à $\overline{EC}$. Donc le rapport du produit de $\overline{IE}$ par $\overline{EB}$ au carré de $\overline{EB}$ est égal au rapport du produit de $\overline{HL}$ par $\overline{DC}$, au produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$, et $\overline{CD}$ est égal à $\overline{LG}$, et $\overline{HL}$ est égal à $\overline{PG}$;

1. C'est-à-dire: Le rapport de la somme de $LB + BH$ à la somme de $BC + BE$.

Si donc on sépare de l'angle $\overline{ACB}$ un angle égal à l'angle $\overline{CBD}$, et si on divise l'angle qui reste en deux moitiés, les trois angles sont égaux aux trois angles au point $\overline{B}$. Les angles du triangle $\overline{ABC}$ seront divisés en sept angles égaux. Si donc on construit dans le cercle un triangle semblable au triangle $\overline{ABC}$, et si on divise les deux angles de sa base en deux angles dont chacun est égal à chacun des angles au point $\overline{B}$, et si on prolonge les droites qui divisent les deux angles jusqu'à la circonférence du cercle, <la circonférence du cercle se divise> en sept parties égales. Si on trace les cordes des arcs, il se forme dans le cercle une figure qui a sept côtés égaux, et dont les angles sont égaux. De cette manière, on peut construire dans le cercle un heptagone dont les côtés et les angles sont égaux. C'est ce que nous voulions construire.

<Deuxième cas>

203v De même nous / considérons le triangle isocèle dont chacun des angles à la base est deux parties, et l'angle qui reste trois parties, et nous déterminons l'heptagone à partir de ce triangle.

Par la voie de l'analyse:

Supposons que nous avons trouvé un triangle répondant à cette propriété; soit le triangle $\overline{ABC}$. Soit chacun des deux angles $\overline{B}$ et $\overline{C}$ deux parties; l'angle $\overline{A}$ est trois parties. Posons l'angle $\overline{BAD}$ deux parties, prolongeons $\overline{CB}$ jusqu'à $\overline{E}$, et posons $\overline{BE}$ égal à $\overline{BA}$. Le triangle $\overline{ABD}$ est donc semblable au triangle $\overline{ABC}$. Puisque l'angle $\overline{C}$ est deux parties, le produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. Joignons $\overline{AE}$. Les deux angles $\overline{BAE}$ et $\overline{BEA}$ sont donc égaux. Chacun d'eux est donc une seule partie, car l'angle $\overline{ABC}$ est deux parties, et l'angle $\overline{CAD}$ est une partie. Puisque l'angle $\overline{BAD}$ est deux parties, et l'angle $\overline{BAC}$ trois parties, l'angle $\overline{CAD}$ est donc égal à l'angle $\overline{AEC}$. Donc le triangle $\overline{ADC}$ est semblable au triangle $\overline{AEC}$. Donc le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{AC}$, $\overline{AC}$ est égal à $\overline{AB}$, et $\overline{AB}$ est égal à $\overline{BE}$; donc le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. Le produit de $\overline{EC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au produit de $\overline{CB}$ par $\overline{BD}$. Elevons sur la droite $\overline{BE}$ la perpendiculaire $\overline{EH}$ et posons $\overline{EH}$ égal à $\overline{BE}$; menons du point $\overline{H}$ la droite $\overline{HI}$ parallèle à $\overline{BE}$. Posons $\overline{HI}$ égal à $\overline{EB}$. Joignons $\overline{HB}$ et $\overline{IH}$, prolongeons $\overline{HB}$ du côté de $\overline{B}$, élevons sur la droite $\overline{BE}$ la perpendiculaire $\overline{BK}$, et posons $\overline{BK}$ égal à $\overline{BC}$. Menons du point $\overline{K}$ une droite parallèle à la droite $\overline{BC}$; soit la droite $\overline{KL}$. Elle rencontre la droite $\overline{HB}$; soit au point $\overline{L}$. $\overline{LK}$ est donc égal à $\overline{KB}$, car $\overline{BE}$ est égal à $\overline{EH}$. Menons du point $\overline{D}$ une droite parallèle à $\overline{BK}$; soit $\overline{DG}$. Elle coupe la droite $\overline{BL}$; soit au point $\overline{M}$. Menons du point $\overline{G}$ une droite parallèle à la droite $\overline{LH}$; soit $\overline{GP}$. Posons $\overline{BN}$ égal à $\overline{BE}$, et menons $\overline{NS}$ parallèle à $\overline{BK}$, et $\overline{SO}$ parallèle à $\overline{BC}$. $\overline{NO}$ est donc égal au carré de $\overline{BE}$, et le produit de $\overline{BK}$ par $\overline{KG}$ est égal au carré de $\overline{BE}$. D'où le produit de $\overline{DG}$ / par $\overline{GK}$ est égal au produit de $\overline{NS}$ par $\overline{SO}$. Alors l'hyperbole passant par le point $\overline{S}$ et ayant pour asymptotes les deux droites $\overline{DB}$ et $\overline{BO}$ passe par le point $\overline{G}$. Soit cette hyperbole la section $\overline{SG}$. 204r

pour asymptotes $\overline{CH}$ et $\overline{HL}$ passe par les deux points $\overline{G}$ et $\overline{K}$; soit la section $\overline{GK}$. Si donc le carré $\overline{EG}$ est de position et de grandeur connues les deux sections $\overline{GK}$ et $\overline{HK}$ sont de position connue, le point $\overline{K}$ est donc de position connue, et le point $\overline{D}$ est donc de position connue; c'est à partir de ce dernier que l'on construit le problème.

Composons cette analyse:

202v Supposons une droite connue quelconque; soit EC. Construisons le carré/ $\overline{EHGC}$; joignons $\overline{CH}$, prolongeons $\overline{EH}$ et $\overline{CG}$, et séparons $\overline{HP}$ <égal à $\overline{HE}$ et joignons $\overline{GP}$>. Faisons passer par $\overline{H}$ une hyperbole ayant pour asymptotes $\overline{EC}$ et $\overline{CG}$; soit la section $\overline{HK}$. Faisons passer par le point $\overline{G}$ l'hyperbole qui a pour asymptotes $\overline{CH}$ et $\overline{HP}$; cette section coupe la section $\overline{HK}$ car cette section s'approche toujours de la droite $\overline{HL}$ si on prolonge $\overline{HL}$, et la section $\overline{HK}$ s'éloigne toujours de la droite $\overline{HL}$, si on prolonge $\overline{HL}$. Les deux sections se coupent donc en un point $\overline{K}$. Menons $\overline{KD}$ parallèle à $\overline{CG}$, $\overline{KI}$ parallèle à $\overline{CE}$, et $\overline{KL}$ parallèle à $\overline{MH}$; posons $\overline{CA}$ égal à $\overline{DK}$; posons A comme centre et traçons un cercle de rayon $\overline{AC}$; soit le cercle $\overline{AC}$. Menons $\overline{CB}$ égal à $\overline{CE}$, et joignons $\overline{AB}$, $\overline{BD}$, $\overline{BE}$. Puisque $\overline{AC}$ est égal à $\overline{KD}$, le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est égal au produit de $\overline{KD}$ par $\overline{DC}$, qui est égal au produit de $\overline{DK}$ par $\overline{KI}$, qui est égal au produit de $\overline{GH}$ par $\overline{HE}$, qui est égal au carré de $\overline{CE}$. Donc le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{CE}$, je veux dire au carré de $\overline{CB}$. Puisque $\overline{KD}$ est égal à $\overline{AC}$, et $\overline{CD}$ égal à $\overline{DM}$, $\overline{AD}$ est égal à $\overline{KM}$; puisque le produit de $\overline{MK}$ par $\overline{KL}$ est égal au produit de $\overline{CG}$ par $\overline{GP}$, le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{MH}$ est égal au produit de $\overline{GC}$ par $\overline{CH}$, et le rapport de $\overline{MH}$ à $\overline{HN}$ est égal au rapport de $\overline{CH}$ à $\overline{HG}$; donc le rapport du produit de $\overline{KM}$ par $\overline{MH}$ au produit de $\overline{KM}$ par $\overline{HN}$ est égal au rapport du produit de $\overline{CH}$ par $\overline{HG}$ au carré de $\overline{HG}$, qui est égal au rapport du produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GH}$ au carré de $\overline{GC}$. Et le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{MH}$ est égal au produit de $\overline{PG}$ par $\overline{GC}$; donc le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{HN}$ est égal au carré de $\overline{GC}$, qui est égal au carré de $\overline{CE}$. Et $\overline{NH}$ est égal à $\overline{DE}$, et $\overline{KM}$ est égal à $\overline{AD}$; alors le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{CE}$, je veux dire au carré de $\overline{CG}$. Puisque le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{CB}$, le triangle $\overline{CBD}$ est semblable au triangle $\overline{ABC}$. Donc l'angle
203r $\overline{BDC}$ est égal à l'angle $\overline{ABC}$, et l'angle $\overline{CBD}$ est égal à l'angle $\overline{BAC}$;/mais l'angle $\overline{ABC}$ est égal à l'angle $\overline{ACB}$, donc l'angle $\overline{BDC}$ est égal à l'angle $\overline{BCD}$, donc la droite $\overline{BD}$ est égale à la droite $\overline{BC}$, donc le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{DB}$, donc l'angle $\overline{BED}$ est égal à l'angle $\overline{ABD}$, et l'angle $\overline{DBE}$ est égal à l'angle $\overline{BAD}$. Donc l'angle $\overline{DBE}$ est égal à l'angle $\overline{CBD}$. Puisque le triangle $\overline{ABC}$ est semblable au triangle $\overline{CBD}$, le rapport de $\overline{AB}$ à $\overline{BC}$ est égal au rapport de $\overline{BD}$ à $\overline{DC}$ et $\overline{BC}$ est égal à $\overline{BD}$, et $\overline{BD}$ est égal à $\overline{EC}$. Donc le rapport de $\overline{AB}$ à $\overline{BD}$ est égal au rapport de $\overline{EC}$ à $\overline{CD}$, et le rapport de $\overline{EC}$ à $\overline{CD}$ est égal au rapport de $\overline{AC}$ à $\overline{CE}$, et est égal au rapport de $\overline{AE}$, qui reste, à $\overline{ED}$, qui reste. Donc le rapport de $\overline{AB}$ à $\overline{BD}$ est égal au rapport de $\overline{AE}$ à $\overline{ED}$; donc les deux angles $\overline{ABE}$ et $\overline{EBD}$ sont égaux; donc les trois angles au point $\overline{B}$ sont égaux.

à $\overline{HC}$, qui est égal au rapport du carré de $\overline{GH}$ au produit de $\overline{GH}$ par $\overline{HC}$, c'est-à-dire au produit de $\overline{HC}$ par $\overline{DN}$.

Or, le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{NH}$ est égal au carré de $\overline{GH}$. Donc le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{MH}$ est égal au produit de $\overline{HC}$ par $\overline{ND}$. Menons $\overline{KL}$ parallèle à $\overline{MH}$. Le produit de $\overline{MK}$ par $\overline{KL}$ est donc égal au produit de $\overline{HP}$ par $\overline{PG}$. Donc l'hyperbole qui a

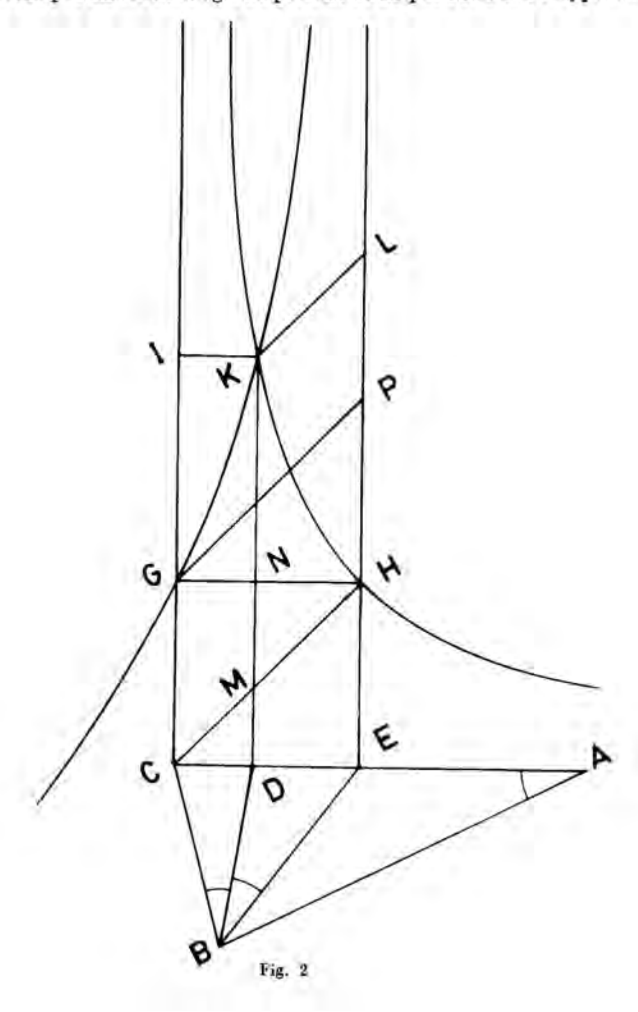


Fig. 2

<Premier cas>

201v Commençons donc par trouver/des triangles semblables aux quatre triangles dont nous avons détaillé les angles, et déterminons l'heptagone à partir de chacun d'eux. Débutons par le triangle isocèle dont chacun des angles de la base est trois fois l'angle qui reste; on veut déterminer l'heptagone à partir de ce triangle.

Par la voie de l'analyse:

Supposons que nous avons trouvé un triangle répondant à cette propriété: soit le triangle $\overline{ABC}$. Posons l'angle $\overline{CBD}$ égal à l'angle $\overline{BAC}$; le triangle $\overline{BCD}$ est donc semblable au triangle $\overline{ABC}$, et l'angle $\overline{BDC}$ est égal à l'angle $\overline{ABC}$; l'angle $\overline{ABC}$ est égal à l'angle $\overline{ACB}$. L'angle $\overline{BDC}$ est donc égal à l'angle $\overline{BCD}$. La droite $\overline{BD}$ est donc égale à la droite $\overline{BC}$. Puisque le triangle $\overline{CBD}$ est semblable au triangle $\overline{ABC}$, le rapport de $\overline{AC}$ à $\overline{CB}$ est donc égal au rapport de $\overline{BC}$ à $\overline{CD}$; le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est donc égal au carré de $\overline{BC}$.

Posons l'angle $\overline{DBE}$ égal à l'angle $\overline{BAC}$. Les deux triangles $\overline{ABD}$ et $\overline{DBE}$ sont donc semblables, l'angle $\overline{BED}$ est donc égal à l'angle $\overline{ABD}$, et l'angle $\overline{ABD}$ est deux parties des sept <parties>; donc l'angle $\overline{BEC}$ est deux parties des sept <parties> et l'angle $\overline{CEB}$ est deux parties des sept <parties>. La droite $\overline{EC}$ est donc égale à la droite $\overline{CB}$. Puisque le triangle $\overline{DBE}$ est semblable au triangle $\overline{ABD}$, le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{DB}$, et $\overline{DB}$ est égal à $\overline{BC}$, donc le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$, et $\overline{BC}$ est égal à $\overline{CE}$; donc le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{CE}$, et le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{CE}$. Construisons alors sur la droite $\overline{EC}$ un carré;[1] soit $\overline{CEGH}$. Et prolongeons les deux droites $\overline{CG}$ et $\overline{EH}$ jusqu'en $\overline{I}$ et $\overline{L}$. Imaginons l'hyperbole qui a pour asymptotes $\overline{EC}$ et $\overline{CI}$, passant par le point $\overline{H}$; soit la section $\overline{HK}$. Menons du point $\overline{D}$ une droite parallèle à la droite $\overline{CI}$. Elle rencontre alors la section;/soit au point $\overline{K}$. Cette droite coupe la 202r droite $\overline{GH}$; soit au point $\overline{N}$. Séparons $\overline{HP}$ égal à $\overline{HE}$, et joignons les deux droites $\overline{PG}$ et $\overline{HC}$. La droite $\overline{HC}$ coupe la droite $\overline{DN}$; soit au point $\overline{M}$. $\overline{CD}$ est donc égal à $\overline{DM}$, et $\overline{DE}$ est donc égal à $\overline{HN}$. Menons $\overline{KI}$ parallèle à $\overline{DC}$. Puisque les deux droites $\overline{EC}$ et $\overline{CI}$ sont les asymptotes[2] de la section $\overline{HK}$, le produit de $\overline{KD}$ par $\overline{DC}$ est égal au produit de $\overline{HE}$ par $\overline{EC}$, qui est égal au carré de $\overline{CE}$. Mais le produit de $\overline{AC}$ par $\overline{CD}$ est égal au carré de $\overline{CE}$; la droite $\overline{KD}$ est donc égale à la droite $\overline{AC}$, et $\overline{CD}$ est égal à $\overline{DM}$. Il reste $\overline{KM}$ égal à $\overline{AD}$, et le produit de $\overline{AD}$ par $\overline{DE}$ est égal au carré de $\overline{CE}$, donc le produit de $\overline{KM}$ par $\overline{NH}$ est égal au carré de $\overline{EC}$, et le rapport de $\overline{NH}$ à $\overline{HM}$ est égal au rapport de $\overline{GH}$ à $\overline{CH}$; le rapport du produit de $\overline{KM}$ par $\overline{NH}$ au produit de $\overline{KM}$ par $\overline{MH}$ est donc égal au rapport de $\overline{GH}$

1. Litt.: un carré d'angles droits.

2. Litt.: ne tombent par sur la section. Cette expression, on le sait, traduit littéralement le grec ἀσύμπτωτος, du verbe συμπίπτω, tomber, se rencontrer.

Dans le triangle -3- EBC, l'angle $\overline{EBC}$ est cinq parties des sept parties, et chacun des angles $\overline{BEC}$ et $\overline{BCE}$ est une seule partie des sept parties. Dans le triangle -4- $\overline{DBC}$ l'angle $\overline{BDC}$ est une partie des sept parties, l'angle $\overline{BCD}$ est deux parties des sept parties, et l'angle $\overline{DBC}$ est quatre parties des sept parties. Ces triangles sont quatre triangles dont les angles de chacun sont des parties des sept parties de la somme de deux droits, qui se trouve divisée en trois parties, selon des divisions différentes. On ne peut pas diviser sept en trois parties outre ces quatre espèces de division. Ce sont les espèces que nous avons détaillées, et il n'existe pas de parties <du nombre> sept qui soient trois parties et qui soient différentes de l'ensemble de ces quatre espèces. On ne trouve pas dans le cercle un triangle inscrit dont les angles interceptent les arcs égaux dont les cordes sont les côtés de l'heptagone, autre que ces quatre triangles; si on trouve un triangle semblable à l'un de ces triangles, et si on divise ses angles en parties, le cercle se divise en sept parties égales; si les angles interceptent les arcs, on a un heptagone dont les côtés et les angles sont égaux.

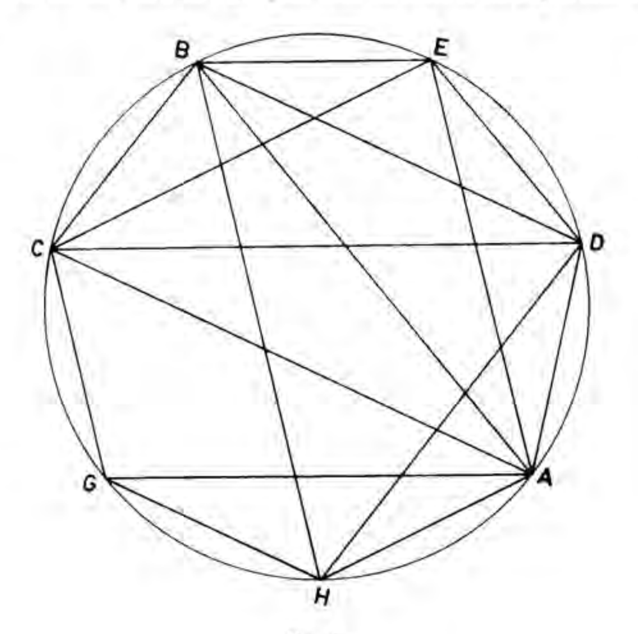


Fig. 1

puissance de ceux qui y parviennent, est la construction de l'heptagone régulier dans le cercle. Certains Anciens et certains contemporains y sont parvenus avec succès, quoique ce succès renfermât quelque défaut. Pour les Anciens, c'est Archimède qui l'a construit; il a en effet écrit un traité pour déterminer le côté de l'heptagone, mais il admet un lemme pour sa détermination, sans présenter la démonstration. Nous avons, quant à nous, démontré le lemme qu'Archimède a utilisé, dans un traité séparé, autre que ce traité. Des contemporains, deux traités nous sont arrivés; dans l'un, on a démontré le lemme d'Archimède, pour ensuite fonder la construction à partir de ce dernier; l'autre traité est de Abū Sahl al-Ḥusayn b. Rustam al-Qūhī: il a déterminé le côté de l'heptagone par une droite qu'il a divisée en trois parties selon une proportion particulière; c'est la droite par laquelle s'achève le lemme d'Archimède. Nous n'avons pas trouvé un traité suffisamment développé[1] d'aucun des Anciens ni des contemporains dans lequel soient renfermées toutes les manières par lesquelles on peut achever la construction de l'heptagone.

Comme il en était ainsi, nous avons examiné attentivement la construction de l'heptagone, et nous avons démontré toutes les manières par lesquelles on achève la construction de l'heptagone. Nous avons procédé par l'analyse et par la synthèse.

Alors, pour aborder ce sujet,[2] nous disons:
Nous voulons construire dans un cercle donné une figure heptagonale de côtés et d'angles égaux, inscrite dans le cercle. Soit le cercle $\overline{ABC}$; nous voulons construire dans ce cercle un heptagone inscrit de côtés et d'angles égaux.

Par la voie de l'analyse:

Supposons que cela a été achevé, c'est-à-dire l'heptagone $\overline{ADEBCGH}$. Joignons les droites $\overline{CE}$, $\overline{CD}$, $\overline{BD}$, $\overline{DH}$, $\overline{BH}$, $\overline{BA}$, $\overline{CA}$. Il se forme dans le cercle quatre triangles inscrits, dont chacun des angles intercepte un arc ou des arcs/égaux, dont les cordes sont les côtés de l'heptagone.

Nous disons d'abord: on ne peut pas avoir dans le cercle un triangle inscrit dont chacun des angles intercepte un arc ou des arcs de ces arcs égaux dont les cordes sont les côtés de l'heptagone, et qui soit différent de l'un de ces triangles. Car dans le triangle -1- $\overline{ABC}$ l'angle $\overline{BAC}$ intercepte l'arc $\overline{BC}$, qui est le septième du cercle. L'angle $\overline{BAC}$ est donc une partie des sept parties de la somme[3] de deux angles droits; l'angle $\overline{ABC}$ intercepte $\overline{AGC}$, qui est les trois septièmes du cercle; il est trois parties de sept parties de la somme de deux angles droits. De même, l'angle $\overline{ACB}$ est trois parties de sept parties de la somme de deux droits. Dans le triangle -2- $\overline{BDH}$ l'angle $\overline{BDH}$ est trois parties de sept parties de la somme de deux droits, et chacun des angles $\overline{DHB}$ et $\overline{DBH}$ est deux parties des sept parties.

1. Littéralement: expliqué.
2. Litt.: nous commençons par dire.
3. Litt.: de deux angles droits. I.H. s'exprime toujours ainsi dans la suite du texte.

On a trois racines réelles, dont deux positives:

$$x_0 \in \,]\,0,a\,[\quad , \quad x_1 > a \,.$$

I.H. prend x_0 .

Deuxième cas:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\mathcal{H}_1) = \{ (x,y) \quad ; \quad xy = a^2 \} \\ (\mathcal{H}_2) = \left\{ (x,y) \quad ; \quad y = x - \dfrac{a^2}{x+a} \right\} \end{array} \right.$$

d'où $$x^3 + ax^2 = 2a^2x + a^3 \,.$$

On a trois racines réelles, dont une positive x_0; c'est celle que prend I.H.

Troisième et quatrième cas:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\mathcal{T}) = \{ (x,y) \quad ; \quad y^2 = a\,(x+a) \} \\ (\mathcal{H}) = \left\{ (x,y) \quad ; \quad y = x - \dfrac{a^2}{x} \right\} \end{array} \right.$$

d'où $$x^3 + a^3 = 2\,ax^2 + a^2x \,.$$

On a trois racines réelles dont deux positives:

$$x_0 \in \,]\,0,a\,[\quad \text{et} \quad x_1 > a \,.$$

Dans le troisième cas, il prend x_1, et dans le quatrième, x_0 .

Par le souci d'économie qu'elle révèle, cette récapitulation montre enfin que la généralisation d'I.H. est un dépassement, non seulement de toutes les solutions particulières données par ses prédécesseurs, mais aussi de celles qu'il exposait lui-même dans son premier mémoire. L'histoire du problème de l'heptagone dans les mathématiques arabes apparaît donc sous un jour nouveau avec cette démarche générale d'I.H., mais aussi en raison des différentes études qu'il a effectuées sur les courbes; à ces études, bon nombre d'historiens n'ont su attribuer l'importance qu'elles méritent.

III *Traduction du second texte d'Ibn al-Haytham publié dans les pages qui suivent.* (MS Istanbul ᶜĀṭif 1714-19, 200v-210r).[1]

200v Au Nom de Dieu Clément et Miséricordieux, que Dieu nous favorise et nous mène au but à la perfection.

Traité de al-Ḥasan b. al-Ḥasan b. al-Haytham sur la construction de l'heptagone dans le cercle.

L'un des problèmes géométriques sur lesquels s'affrontent les géomètres, dont se glorifient ceux qui surpassent les autres, et par lesquels se révèle la

1. Ce texte est la traduction du *Traité* d-Ibn al-Haytham publié ici-même.

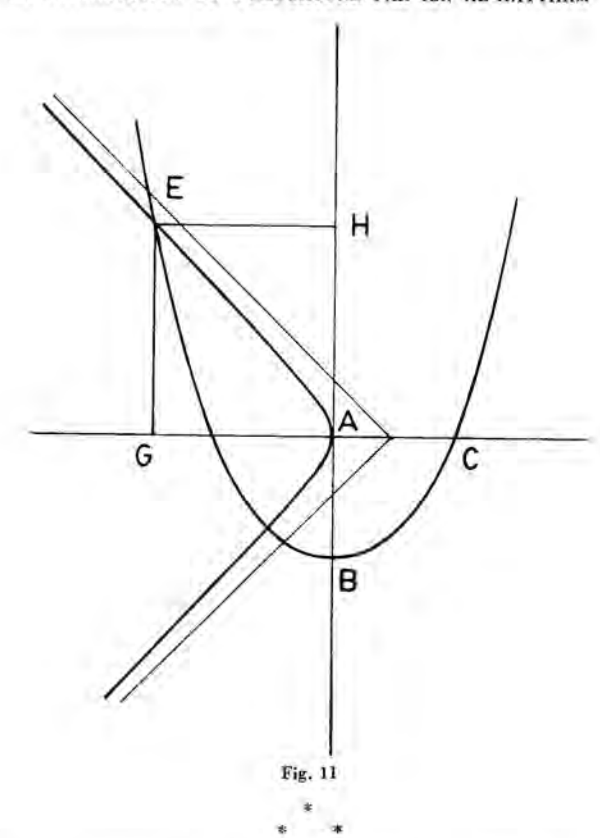


Fig. 11

*
* *

Telle est donc la solution que donne I.H. au problème de l'heptagone. Ainsi, après avoir énuméré les différents cas possibles, il les étudie tous. Sous une apparente diversité, son étude revient essentiellement, pour ainsi dire, à résoudre trois équations cubiques. Récapitulons les différents cas afin d'avoir cette vue d'ensemble:

Premier cas:

$$\begin{cases} (\mathcal{H}_1) = \{ (x,y) \quad ; \quad xy = a^2 \} \\ (\mathcal{H}_2) = \left\{ (x,y) \quad ; \quad y = x - \dfrac{a^2}{x-a} \right\} \end{cases}$$

d'où $$x^3 + a^3 = ax^2 + 2a^2x.$$

I est donc sur la parabole $(\mathfrak{T})$ d'axe EG, de sommet E et de côté droit EC.

D'autre part $\overline{AI}^2 = \overline{CG}^2 = \overline{BD}^2 = AD \cdot AC$

d'où $\overline{AI}^2 = AD \cdot AC$.

I appartient donc à l'hyperbole $(\mathcal{H})$ de sommet C, d'axe AC et de côté droit CD.

Si donc on pose $ED = CE = a$ et $(CA,CG) = (Ox,Oy)$

on a $(\mathfrak{T}) = \{ (x,y) \quad ; \quad ay = x^2 - a^2 \}$

$(\mathcal{H}) = \{ (x,y) \quad ; \quad y^2 = ax + x^2 \}$

$(\mathcal{H})$ est une hyperbole équilatère dont le deuxième sommet est D.

Le point d'intersection est donc l'une des deux racines positives, la plus grande, de l'équation:

$$x^3 - ax^2 - 2a^2x + a^3 = 0$$

La différence entre les démarches d'I.H. et d'al-Qūhī réside donc dans le choix des courbes. Mais cette différence en entraîne une autre, plus importante: I.H. a choisi les mêmes courbes dans ce cas et dans celui de (1,5,1), aussi l'équation obtenue est-elle la même. Il ne voulait pas seulement résoudre le problème, mais parvenir au moyen du plus petit nombre de courbes nécessaires à la solution du problème de l'heptagone dans tout les cas possibles. C'est pourquoi il a opté pour une autre méthode que celle d'al-Qūhī, qui ne visait pas une solution aussi générale que celle d'I.H.

La synthèse d'al-Qūhī suit immédiatement son analyse:

Posons $AB = AC$ et $AB \perp AC$ (voir Fig. 11). Traçons la parabole $(\mathfrak{T})$ de sommet B, d'axe AB, de côté droit AB; l'hyperbole $(\mathcal{H})$ de sommet A, d'axe AC, et de côté droit $AB = AC$. Elles se coupent en E.

Par E on mène $EH \,//\, AC$, $EG \,//\, AH$. Prenons I sur AC tel que $IC = AH$.

On a $\overline{EG}^2 = GA.GC$ [équation de $(\mathcal{H})$]

d'où $\overline{IC}^2 = GA.GC$.

D'autre part $\overline{AG}^2 = AB.BH$ [équation de $(\mathfrak{T})$]

d'où $\overline{AG}^2 = AC.AI$ d'où le résultat.

Le reste de la construction se fait comme à l'ordinaire.

lyse, al-Qūhī suppose que l'on a un segment AB (voir Fig. 10) divisé en C et en D tels que

$$AD{\cdot}AC = \overline{DB}^2$$
$$CB{\cdot}CD = \overline{AC}^2\,.$$

Posons $\quad ECG \perp AB\ ;\ EC = CD\ \text{ et }\ CG = DB.$

Menons $\quad GI//BA\ \text{ et }\ AI//CG.$

On a $\quad \overline{IG}^2 = \overline{AC}^2 = CB.BD$

d'où $\quad \overline{IG}^2 = CE.EG\,.$

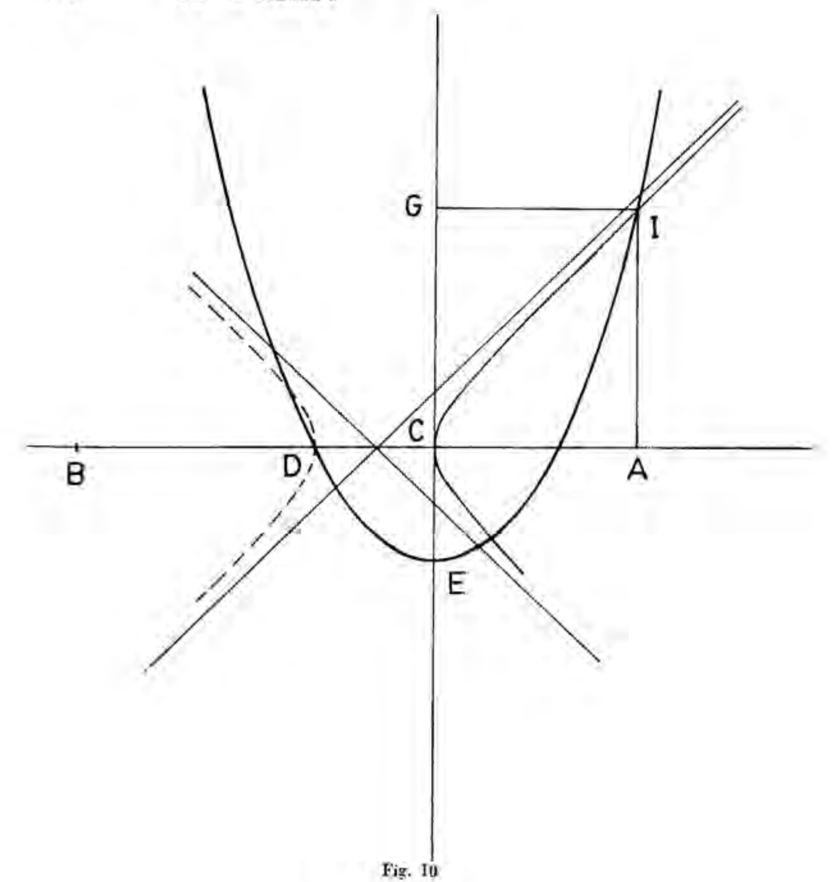


Fig. 10

On a $HB = BE$, et $BM = BC$; donc $HM = CE$ et $HL = MC$

$EC{\cdot}CM = HM{\cdot}MC$.

Mais $HM{\cdot}MC = IK.KC$ [puisque $HM{\cdot}MC = KG{\cdot}GC$, équation de $(\mathcal{H})$]

Or $\frac{MC}{CB} = \frac{GC}{CK} = \frac{IK}{CK} = \frac{IK{\cdot}KC}{\overline{KC}^2}$

donc $\frac{EC{\cdot}CM}{EC{\cdot}CB} = \frac{IK{\cdot}KC}{\overline{KC}^2}$.

Mais $EC.CM = IK.KC$

d'où $EC{\cdot}CB = \overline{KC}^2 = \overline{CD}^2$.

Or $BD{\cdot}DC = \overline{HB}^2$ [équation de $(\mathcal{P})$]

d'où $BD{\cdot}DC = \overline{BE}^2$.

On a donc divisé ED en trois parties telles que

$$EC{\cdot}CB = \overline{CD}^2 \qquad (3)$$

$$BD{\cdot}DC = \overline{BE}^2. \qquad (4)$$

Or d'après (3) on a $CD > CB$ [car $EC > CB$] et par conséquent $EC = EB + BC$, $EC > CD$. D'après (4) on a $BE > CD$ [car $BD > CD$] et par conséquent $BD = BC + CD$, $BD > BE$. Donc la somme de deux segments quelconques de EB, BC, CD est plus grande que le troisième [$EB + CD > BC$, car $CD > BC$]. On peut donc construire à partir de ces segments le triangle ABC. Cette construction se fait comme précédemment.

On remarque que, si on pose $(CE,CI) = (Ox,Oy)$ et $CD = a$, on retrouve, ici encore, les courbes du cas précédent, c'est-à-dire:

$$(\mathcal{P}) = \{ (x,y) \ ; y^2 = a(x+a) \}$$

$$(\mathcal{H}) = \left\{ (x,y) \ ; y = x - \frac{a^2}{x} \right\}$$

On montre comme précédemment que $(\mathcal{P})$ et $(\mathcal{H})$ se coupent en $H(x_0,y_0)$, et on a la même équation

$$x^3 - 2\,ax^2 - a^2x + a^3 = 0$$

Il reste, pour localiser la différence entre la dernière démarche d'I.H. et celle d'al-Qūhī à reprendre rapidement le texte de ce dernier.[1] Dans son ana-

1. Al-Qūhī: *Epître sur la détermination du côté de l'heptagone*. Nous avons consulté le manuscrit de la B. N. du Caire, *riyāḍ* 40 (ff 222v – 225r). Pour les autres manuscrits, voir F. Sezgin: *Geschichte des arabischen Schriftums*, B. V. (Leiden. 1974), p. 318.

Or $\quad ABC = \frac{4\pi}{7}$, alors $\measuredangle DAC = \measuredangle ABC = \frac{2\pi}{7}$

donc $\quad \Delta ADC$ et ΔABD sont semblables.

On a alors $\quad BD \cdot DC = \overline{DA}^2 = \overline{BE}^2 \cdot \qquad (2)$

Le segment ED doit donc être divisé en B et C, tels qu'on ait (1) et (2); mais c'est le Lemme d'Archimède.

I.H. rappelle alors qu'al-Qūhī a divisé le segment selon ce rapport pour construire le triangle du type (1,2,4), et ensuite l'heptagone régulier. Il propose d'appliquer une autre méthode que celle d'al-Qūhī. Mais avant de nous interroger sur cette différence, poursuivons l'exposé de l'analyse d'I.H.

Pour diviser le segment ED en B et C suivant le rapport donné, posons:

$CK = CD$; $KG \perp CD$ tel que $KG = KC$; $BH \perp BC$ tel que $BH = BE$; $CL \perp BC$ (voir traduction Fig. 6). Menons $GI \,//\, KC$ avec $GI = GK$ et joignons GC et IK. HB coupe GC en M.

Traçons la parabole $(\mathcal{P})$ de sommet D, d'axe DB, et de côté droit DC. Puisque $\overline{HB}^2 = \overline{EB}^2$, on a $\overline{HB}^2 = BD \cdot DC$, donc $H \in (\mathcal{P})$.

Traçons l'hyperbole $(\mathcal{H})$ passant par K et admettant CL et CG pour asymptotes. Puisque

$$KG = KC, \quad \text{on a} \quad BM = BC, \quad \text{d'où} \quad HM = EC,$$

d'où $\quad EC \cdot CB = \overline{CD}^2$ entraîne $MH \cdot CB = KG \cdot KC$.

Mais
$$\frac{HL}{CB} = \frac{MC}{CB} = \frac{GC}{KC}$$

d'où
$$\frac{HL \cdot MH}{CB.MH} = \frac{GC \cdot KG}{KG.KC},$$

donc $MH \cdot HL = KG \cdot GC$, d'où $H \in (\mathcal{H})$.

On a finalement $\quad H \in (\mathcal{P}) \cap (\mathcal{H})$.

Si donc on connaît C et D, on connaît $(\mathcal{P})$ et $(\mathcal{H})$, et par conséquent H. On connaîtra également B, projection de H, et finalement E, car $BH = BE$.

Synthèse: Soit KD un segment quelconque donné, C son milieu; menons $KG \perp KD$ tel que $KG = KC$, $GI \,//\, KC$ tel que $GI = KC$, $CL \perp DK$. Joignons GC, IK.

Traçons l'hyperbole $(\mathcal{H})$ passant par K et admettant GC et CL pour asymptotes, et la parabole $(\mathcal{P})$ de sommet D, d'axe KD et de côté droit CD. $(\mathcal{P})$ coupe $(\mathcal{H})$ en H, pour les raisons invoquées précédemment.

Menons $HB \perp DK$, $EH \,//\, GC$. Prolongeons HB en M et EH en L.

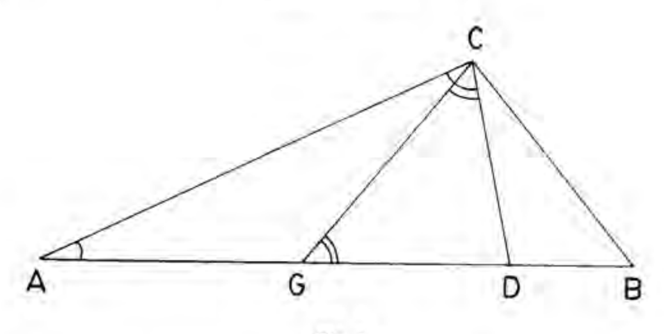


Fig. 8

En effet, soit ΔABC (voirFig. 9); prolongeons BC de part et d'autre en D et E respectivement tels que $CD = CA$ et $BE = BA$.

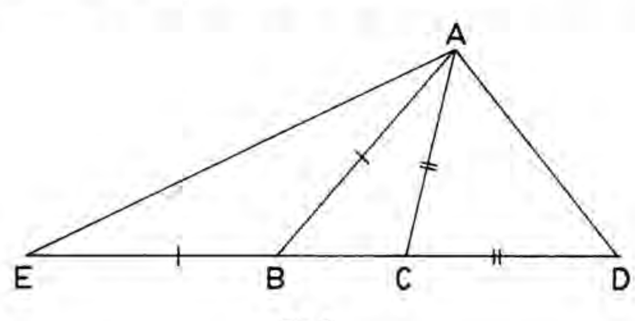


Fig. 9

Puisque $\measuredangle ACB = \frac{4\pi}{7}$, alors $\measuredangle ADC = \measuredangle ABC = \frac{2\pi}{7}$

donc $\measuredangle BAD = \frac{3\pi}{7}$ et $\measuredangle ABD = \measuredangle ADB$

d'où $AB = AD$ et $AD = BE$.

Mais $\measuredangle ABC = \frac{2\pi}{7}$, alors $\measuredangle AEB = \frac{\pi}{7}$

d'où $\measuredangle AEC = \measuredangle BAC.$

ΔABC et ΔAEC sont donc semblables.

On a $EC.CB = \overline{CA}^2 = \overline{CD}^2 \cdot$ (1)

ΔACD est donc du type (3.3.1). On se donne donc ΔACD et on augmente $\measuredangle ACD$ de $\measuredangle DCB = \measuredangle CAD$, et on obtient ΔABC du type (1,2,4).

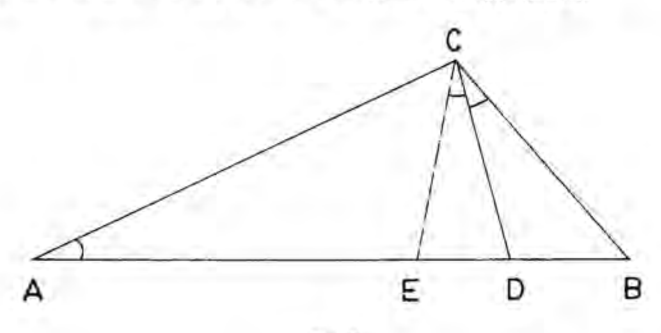


Fig. 7

De même si on pose $\measuredangle BCE = \frac{2\pi}{7}$, on a $\measuredangle CEB = \frac{3\pi}{7}$ car $\measuredangle EBC = \frac{2\pi}{7}$, ΔBEC est donc du type (2, 3, 2).

Si on prend $\measuredangle ECA = \measuredangle ECB$, on a $\measuredangle ACB = \frac{4\pi}{7}$ et $\measuredangle CAB = \frac{\pi}{7}$ ΔABC est donc du type (1, 2, 4). De même (voir Fig. 8), si on pose $\measuredangle ACG = \measuredangle CAG = \frac{\pi}{7}$

alors $\measuredangle GCB = \frac{3\pi}{7}$ et $\measuredangle AGC = \frac{5\pi}{7}$,

car $\measuredangle AGC = \measuredangle GCB + \measuredangle GBC$.

Donc ΔAGC est du type (1,5,1).

Prenons alors $\measuredangle GCD = \measuredangle CGD$. Or $\measuredangle CGD = \frac{2\pi}{7}$

car $\measuredangle CGD = \measuredangle ACG + \measuredangle GAC$

donc $\measuredangle CDG = \frac{3\pi}{7}$.

Si donc on prend $\measuredangle CAG = \frac{\pi}{7}$, alors $\measuredangle ACB = \frac{4\pi}{7}$ et $\measuredangle CAB = \frac{\pi}{7}$

et $\measuredangle ABC = \frac{2\pi}{7}$.

Le cas (1, 2, 4) peut donc être ramené à ceux qui précèdent.

Mais il est possible de construire un triangle du type (1, 2, 4) sans le ramener aux cas précédents. Mais l'analyse montre que l'on revient alors au Lemme d'Archimède.

Puisque $AB = BE$, on a $\measuredangle BAE = \measuredangle BEA$

donc $\measuredangle BAE = 3 \measuredangle ACB$ et $\measuredangle CAE = 2 \measuredangle ACB$

et on a $\measuredangle BAC = 5 \measuredangle ACB.$

Le triangle ABC est donc du type (1,5,1). Par homothétie on construit dans le cercle donné un triangle semblable à ABC, et on obtient l'heptagone. Reprenons donc la démarche d'I.H., et posons $(BD,DG) = (Ox, Oy)$ et $CD = a$.

Considérons:

$$(\mathcal{P}) = \{ (x,y) \ ; y^2 = a(x+a) \}$$

$$(\mathcal{H}) = \left\{ (x,y) \ ; y = x - \frac{a^2}{x} \right\}$$

$(\mathcal{P})$ et $(\mathcal{H})$ se coupent nécessairement au point $H(x_1,y_1)$, tel que $x_1 \in \mathbf{R}_+^*$ et $y_1 \in \mathbf{R}_+^*$

En effet:

Soit f_1: $[0,\infty[\longrightarrow \mathbf{R}$ telle que $f_1(x) = \sqrt{a(x+a)}$

f_2: $]0,\infty[\longrightarrow \mathbf{R}$ telle que $f_2(x) = x - \dfrac{a^2}{x}$

f_1 et f_2 sont monotones croissantes.

Soit h: $]0,\infty[\longrightarrow \mathbb{R}$ telle que $h(x) = f_2(x) - f_1(x)$

h est définie monotone croissante, et on a

$$\lim_{\substack{x \to 0 \\ x > 0}} \mathrm{h(x)} = -\infty \qquad \text{et} \quad \lim_{x \to \infty} \mathrm{h(x)} = +\infty$$

Il existe donc $x_1 \in]\,0, \infty\,[$, unique, tel que $h(\mathrm{x}_1) = 0$. x_1 est l'une des deux racines positives de l'équation aux abscisses qui s'écrit après simplification par $(x + a)$:

$$x^3 - 2\,ax^2 - a^2x + a^3 = 0\ .$$

I.H. construit ensuite un triangle du type (1,5,1), et par une homothétie il construit dans le cercle donné un triangle semblable au premier, et obtient finalement l'heptagone.

4. *Cas* (1,2,4)

Analyse: I.H. montre d'abord que l'on peut ramener ce cas à ceux étudiés auparavant. Supposons en effet qu'on ait trouvé ΔABC (voir Fig. 7) tel que $\measuredangle A$, $\measuredangle B$, et $\measuredangle C$ soient dans le rapport (1,2,4). Posons

$\measuredangle BCD = \dfrac{\pi}{7}$, on a $\measuredangle ACD = \dfrac{3\pi}{7}$ d'où $\measuredangle ADC = \measuredangle ABC + \measuredangle BCD = \dfrac{3\pi}{7}$.

d'où $\dfrac{HM\cdot HI}{BD\cdot DE} = \dfrac{GK\cdot KL}{\overline{KL}^2}$.

Mais $HM\cdot HI = GK\cdot KL$ [équation de ($\mathcal{H}$)]

donc $BD\cdot DE = \overline{KL}^2$

d'où $BD\cdot DE = \overline{CD}^2$.

Mais $KC = 2\ CD$

d'où $KC\cdot CD = 2\overline{KL}^2$.

L est donc à l'intérieur[1] de ($\mathcal{T}$). ($\mathcal{T}$) coupe donc DI au delà de L, soit au point N. La droite HB est alors au delà de KL, et $BD > DK$.

Mais $BD\cdot DE = \overline{DK}^2$

donc $DE < DK$ et par conséquent $DE < CD$ et $EC < 2CD$.

Mais $BC.CD = \overline{HB}^2$ [équation de ($\mathcal{P}$)]

et $HB = BE$

d'où $BC\cdot CD = \overline{BE}^2$

et on a $BC\cdot CE < BC\cdot 2CD$ et $BC\cdot CE < 2\overline{EB}^2$ donc $CE < BE$

[en effet $BC = BE + CE$ d'où $(BE+CE).CE < 2EB^2$, alors l'hypothèse $CE = BE$ ou $CE > BE$ conduit à $(BE+CE)\cdot CE = 2\overline{BE}^2$ ou $(BE + CE).CE > 2\overline{EB}^2$] alors $2BE > BC$.

Il est donc possible de construire sur BC un triangle isocèle tel que BC soit sa base, et que ses côtés soient égaux à BE. Soit ΔABC. Joignons AD, AE.

Puisque $AC = BE$, on a $BC\cdot CD = \overline{AC}^2$.

ΔACD et ΔABC sont semblables, d'où

$\dfrac{BC}{AC} = \dfrac{AC}{CD}$ et $\measuredangle CAD = \measuredangle ABC = \measuredangle ACB$

d'où $AD = CD$ et $BD.DE = \overline{AD}^2$.

ΔADE et ΔABD sont semblables et

$\measuredangle DAE = \measuredangle ABD = \measuredangle ACD$

donc $\measuredangle AEB = 3\ \measuredangle ACB$.

1. Cette affirmation est évidente, car:

Soit $L' \in (\mathcal{T})$ de projection K, on a $\overline{KL'}^2 = KC\cdot CD$.

Mais $KC\cdot CD = 2\overline{KL}^2$

d'où $\overline{KL'}^2 = 2\overline{KL}^2$

donc $KL' > KL$ et L est à l'intérieur de ($\mathcal{T}$).

donc $\frac{HM}{BD} = \frac{GK}{DK}$ et $\frac{HM \cdot DE}{BD \cdot DE} = \frac{GK}{DK}$

d'où $\frac{GK}{KL} = \frac{GK \cdot KL}{\overline{KL}^2}$.

Mais $BD \cdot DE = \overline{CD}^2 = \overline{KL}^2$

donc $HM \cdot DE = GK \cdot KL$.

Mais $DE = DM$ et $DM = HI$

donc $HM \cdot HI = GK \cdot DK$.

L'hyperbole (H) passant par K et admettant pour asymptotes GD et DI passe donc par H. Mais d'après (2) et l'hypothèse $BH = BE$, la parabole $(\mathcal{P})$ d'axe BC, de sommet C et de côté droit DC, passe par H.

Donc $H \in (\mathcal{H}) \cap (\mathcal{P})$.

Si donc l'on connaissait CD, $(\mathcal{H})$ et $(\mathcal{P})$ seraient connues, H serait également connu, ainsi que E et B.

Synthèse: Soit CK un segment quelconque donné. Partageons CK au point D en deux moitiés, et menons de D et de K les perpendiculaires DG et KL, respectivement telles que $DG = KL = DK$. Joignons GK et DL, et prolongeons DL jusqu'en I. Traçons l'hyperbole $(\mathcal{H})$ passant par K et admettant GD et DI pour asymptotes. Traçons aussi la parabole $(\mathcal{P})$ d'axe CK, de sommet C, de côté droit CD.

$(\mathcal{P})$ coupe DI, car toute droite qui coupe l'axe de $(\mathcal{P})$ coupe $(\mathcal{P})$ en deux points de part et d'autre de l'axe. Si en outre $(\mathcal{P})$ dépasse DI, elle s'en éloigne, car la droite tangente au point d'intersection coupe DI. Donc $(\mathcal{P})$ reste au dessus de la tangente. Si $(\mathcal{P})$ s'éloigne du point d'intersection, elle s'éloigne donc de DI. Mais à mesure qu'on prolonge $(\mathcal{H})$, elle s'approche de DI. Il en résulte nécessairement que $(\mathcal{H})$ et $(\mathcal{P})$ se coupent, soit en H.

Du point H, menons la perpendiculaire HB à l'axe de $(\mathcal{P})$ et $HEM \mathbin{//} DL$.

ΔHBE et ΔEDM sont alors semblables à ΔDKL, et on a

$$HB = BE \qquad \text{et} \qquad ED = DM$$

d'où $\frac{HE}{BE} = \frac{DL}{DK} = \frac{EM}{DE} = \frac{HM}{BD}$ [parallélisme et rapports]

donc $\frac{HM}{BD} = \frac{DL}{DK}$, d'où

$$\frac{HM \cdot DE}{BD \cdot DE} = \frac{GK}{KL} = \frac{GK \cdot KL}{\overline{KL}^2}$$

même rayon — a —, ils se coupent si $BC < 2a$; ce qu'I. H. démontre $[BE + BN > BC]$.

Le triangle ABC obtenu est du type (2,3,2). Par homothétie, on construit dans le cercle donné un triangle semblable à $\triangle ABC$. On note enfin qu'I.H. procède ici encore par le trisection de ABC.

3. *Cas* (1,5,1)

Analyse: Supposons qu'on ait trouvé un triangle ABC (voir Traduction Fig. 4),

dont $\measuredangle ABC = \measuredangle ACB = \frac{\pi}{7}$ et $\measuredangle BAC = \frac{5\pi}{7}$.

Posons $\measuredangle CAD = \measuredangle ABC$ et $\measuredangle DAE = \measuredangle ABC$.

$\triangle CAD$ et $\triangle ABC$ sont semblables, et on a $\frac{BC}{CA} = \frac{AC}{CD}$,

d'où $BC \cdot CD = \overline{AC}^2$ et $CA = AB$

$$BC \cdot CD = \overline{AB}^2 \qquad (1)$$

$\triangle ADE$ et $\triangle ABD$ sont également semblables, et on a

$$BD \cdot DE = \overline{AD}^2 .$$

Mais $AD = CD$ car $\measuredangle CAD = \measuredangle ACD$

d'où $BD \cdot DE = \overline{CD}^2$.

Puisque $\measuredangle CAD = \measuredangle DAE = \measuredangle ABD = \measuredangle ACD$, on a

$$\measuredangle AEB = 3\measuredangle ACB$$

$$\measuredangle BAC = 5\measuredangle ACB$$

$$\measuredangle EAC = 2\measuredangle ACB$$

$$\measuredangle BAE = 3\measuredangle ACB$$

$$\measuredangle BAE = \measuredangle AEB$$ d'où $AB = BE$.

D'après (1), on a $BC \cdot CD = \overline{BE}^2$. (2)

Posons $DK = CD$. Menons $KL \perp DK$ avec $KL = KD$, et de D la perpendiculaire DG telle que $DG = DK$. Joignons GK, DL, et de B menons la perpendiculaire BH telle que $BH = BE$. Joignons EH et prolongeons-la jusqu'à M, et prolongeons DL jusqu'à ce qu'il rencontre BH en I.

Puisque HB // DM, on a

$$\frac{HE}{EB} = \frac{EM}{DE} = \frac{HM}{BD} \quad \text{et} \quad \frac{HE}{BE} = \frac{GK}{DK}$$

Mais $EC > CB$, d'où $DB > DC$, donc $BN > DC$.

On a donc

$$BD > DC \Rightarrow 2BD > BD + DC$$
$$2BN > BC \Rightarrow BE + BN > BC.$$

On peut alors construire $\triangle ABC$ tel que $BA = AC = BE$.

d'où $$CB \cdot BD = \overline{BA}^2 \cdot$$

$\triangle ABD$ et $\triangle CBA$ sont donc semblables, et on a

$$\measuredangle CAD = \measuredangle AEC \quad \text{et} \quad \measuredangle ABC = 2\measuredangle AEC$$
$$\measuredangle ABC = 2\measuredangle CAD \quad \text{et} \quad \measuredangle ADB = 3\measuredangle CAD$$
$$\measuredangle BAC = 3\measuredangle CAD.$$

Si donc $\measuredangle BAC$ est trois parties, alors chacun de $\measuredangle ABC$ et $\measuredangle ACB$ est deux parties. On construit dans le cercle donné un triangle semblable à ABC, et on obtient finalement l'heptagone.

Reprenons donc rapidement la solution d' I.H.:

Soit un segment EB, N et E deux points symétriques par rapport à B.

Construisons le carré $BNSO$; soit (BO,BC), un repère (Ox,Oy) et posons $BE = a$.

Considérons les deux hyperboles:

$$(\mathcal{H}_1) = \{ (x,y) \; : \; xy = a^2 \}$$
$$(\mathcal{H}_2) = \left\{ (x,y) \; ; \; y = x - \frac{a^2}{x+a} \right\}$$

$(\mathcal{H}_1)$ et $(\mathcal{H}_2)$ se coupent nécessairement en $G(x_0, y_0)$ tel que $x_0 \in \mathbf{R}^*_+$

En effet:

Soit $f_1 :]0,\infty[\rightarrow \mathbf{R}$ telle que $f_1(x) = \frac{a^2}{x}$

$f_2 : [0,\infty[\rightarrow \mathbf{R}$ telle que $f_2(x) = x - \frac{a^2}{x+a}$

f_1 est monotone décroissante, f_2 est monotone croissante; d'où le résultat, comme précédemment: x_0, unique, est la seule racine positive des trois racines réelles de:

$$x^3 + ax^2 - 2a^2x - a^3 = 0.$$

On déduit de $G(x_0,y_0)$: $D(O,y_0)$, $L(x_0,x_0)$ et $C(O,x_0)$. On construit A comme intersection des deux cercles $\mathcal{C}_1(B,a)$ et $\mathcal{C}_2(C,a)$. Ces deux cercles ont le

d'où $$\frac{LH \cdot CD}{EC . CD} = \frac{HB \cdot BE}{\overline{BE}^2}$$

et d'après (1) on a $LH \cdot CD = HB \cdot BE$

donc $$PG \cdot GL = HB \cdot BE = IE \cdot EB \ .$$

L'hyperbole $(\mathcal{H}_2)$ passant par E et admettant HL et HI pour asymptotes passe donc par G.

Donc $$G \in (\mathcal{H}_1) \cap (\mathcal{H}_2) \ .$$

La projection de G sur BC est D; I.H. déduit alors $CB \cdot BD = \overline{BE}^2$, on connaît donc BA et AC. Mais il s'agit déjà de la synthèse.

Synthèse: Soit BE un segment quelconque donné, N le point symétrique de E par rapport à B, et le carré $BNSO$ construit sur BN. Traçons l'hyperbole $(\mathcal{H}_1)$ passant par S et admettant BN et BO pour asymptotes. Soit H tel que $HE \perp EB$ et $HE = EB$, I tel que $HI \ // \ BE$ et $EI \ // \ BH$. Traçons également l'hyperbole $(\mathcal{H}_2)$ passant par E et admettant HS et HI pour asymptotes. $(\mathcal{H}_1)$ et $(\mathcal{H}_2)$ se coupent au point G car $(\mathcal{H}_2)$ se rapproche indéfiniment de HS.

Soit D la projection de G sur EB, $L \in HS$ tel que $GL \ // \ EB$. Posons $DC = GL$ et $K \in BO$ tel que $GK // EB$.

On a $BC = KL = KB$

donc $CB \cdot BD = \overline{BE}^2$ [équation de $\mathcal{H}_1$]. (1)

Soit $P \in HI$ tel que $GP \ // \ HS$,

on a $PG \cdot GL = EI \cdot EB$ [équation de $\mathcal{H}_2$]. (2)

Mais $$\frac{LB}{BK} = \frac{LB}{BC} = \frac{HB}{HE} = \frac{HB}{BE} = \frac{HL}{EC}$$

d'où $$\frac{HB}{BE} = \frac{IE \cdot BE}{\overline{EB}^2} = \frac{HL}{EC}$$

donc $$\frac{IE \cdot EB}{\overline{EB}^2} = \frac{HL \cdot DC}{EC \cdot DC}$$

mais $CD = LG$ et $HL = PG$

donc $$\frac{PG \cdot GL}{EC \cdot CD} = \frac{IE \cdot EB}{\overline{EB}^2}$$

d'où, d'après (2) $EC \cdot CD = \overline{EB}^2$

et d'après (1) $EC \cdot CD = CB \cdot BD$,

d'où $$\frac{EC}{CB} = \frac{BD}{DC} \ .$$

x_0 est une racine positive de

$$x^3 - ax^2 - 2a^2x + a^3 = 0 .$$

Soit D $(x_0,0)$ la projection de $K(x_0,y_0)$ sur CE.

Soit $A \in CE$ tel que $CA=DK=y_0$. $(\mathcal{C}_1)$ et $(\mathcal{C}_2)$ se coupent. Soit B un des points d'intersection. Le triangle ABC obtenu est du type (1,3,3). Par une homothétie, on construit dans le cercle donné un triangle semblable à $\triangle ABC$. On remarque que I.H. procède ici par la trisection de $\sphericalangle CBA$. On note également que $(\mathcal{C}_1)$ passe par le centre de $(\mathcal{C}_2)$; les deux cercles sont donc sécants, et on n'a pas besoin de l'inégalité portant sur la distance des centres et les rayons.

2. *Deuxième cas* (3,2,2).

Analyse: Supposons qu'on ait trouvé $\triangle ABC$ (voir Traduction Fig. 3) dont les angles $\sphericalangle A$, $\sphericalangle B$, $\sphericalangle C$ sont dans le rapport (3,2,2).

Alors $\triangle ABC$ est isocèle, $AB = AC$. Soit $D \in BC$ tel que $\sphericalangle BAD = \sphericalangle C$. Prolongeons CB en E tel que $BE = BA$. Alors $\triangle ABD$ et $\triangle CBA$ sont semblables; on a

$$CB{\cdot}BD = \overline{BE}^2 \cdot$$

$\triangle ABE$ est isocèle: $\sphericalangle BAE = \sphericalangle BEA = \frac{1}{2} \sphericalangle B$ et $\sphericalangle CAD = \sphericalangle AEC$, donc $\triangle ADC$ et $\triangle EAC$ sont semblables.

On a $$EC{\cdot}CD = \overline{AC}^2 \quad \text{et} \quad EC{\cdot}CD = \overline{EB}^2 \qquad (1)$$

donc $$EC{\cdot}ED = CB{\cdot}BD .$$

Soient
un segment EH tel que $EH \perp BE$ et $EH = BE$
un segment HI tel que $HI \ // \ BE$ et $HI = BE$
un segment BK tel que $BK \perp BE$ et $BK = BC$
un segment KL tel que $KL \ // \ BC$ et $KL = BC$
un segment $DG \ // \ BK$, $G \in KL$; DG coupe BL en M.

Soit P le quatrième sommet du parallèlogramme $HLGP$.

Soit $N \in BC$ tel que $BN = BE$ et $BNSO$ le carré construit sur BN.

On a $$(N,O) = \overline{BE}^2 \quad \text{et} \quad KB{\cdot}KG = \overline{BE}^2$$

d'où $$DG{\cdot}GK = NS{\cdot}SO .$$

L'hyperbole $(\mathcal{H}_1)$ passant par S et admettant pour asymptotes DB et BO passe donc par G.

On a $\dfrac{LB}{BK} = \dfrac{LB}{BC} = \dfrac{BH}{BE} = \dfrac{LH}{CE} = \dfrac{HB.BE}{\overline{BE}^2}$ [parallélisme et rapports égaux]

ΔABD et ΔBED sont donc semblables.

$$\sphericalangle BED = \sphericalangle ABD \quad \text{et} \quad \sphericalangle DBE = \sphericalangle BAD$$

d'où $\sphericalangle DBE = \sphericalangle CBD.$

ΔABC et ΔCBD sont semblables, d'où $\dfrac{AB}{BC} = \dfrac{BD}{DC}$.

Or $BC = BD = EC$

donc $\dfrac{AB}{BD} = \dfrac{CE}{CD} = \dfrac{AC}{CE} = \dfrac{AE}{ED}$

d'où $\dfrac{AB}{BD} = \dfrac{AE}{DE}$.

E est donc le pied de la bissectrice de $\sphericalangle DBA$, donc $\sphericalangle DBE = \sphericalangle ABE$. L'angle B est donc divisé en trois parties égales. La construction de l'heptagone se fait comme précédemment.

On peut finalement résumer ainsi la solution d'I.H.:

Soit (CE,CG) un repère (Ox,Oy). Posons $CE = a$, et considérons les deux hyperboles:

$$(\mathcal{H}_1) = \{ (x,y) \; ; xy = a^2 \}$$

$$(\mathcal{H}_2) = \left\{ (x,y) \; ; y = x - \frac{a^2}{x-a} \right\}$$

$(\mathcal{H}_1)$ et $(\mathcal{H}_2)$ se coupent nécessairement au point K (x_0, y_0) tel que $x_0 \in \,]0,a[$.

En effet:

Soit $f_1 \colon]0,a] \longrightarrow \mathbf{R}$ tel que $f_1(x) = \dfrac{a^2}{x}$

$f_2 \colon [0,a[\longrightarrow \mathbf{R}$ tel que $f_2(x) = x - \dfrac{a^2}{x-a}$

f_1 est monotone décroissante; $\lim\limits_{\substack{x \to 0 \\ x > 0}} f_1(x) = +\infty$ et $f_1(a) = a$

f_2 est monotone croissante; $\lim\limits_{\substack{x \to a \\ x < a}} f_2(x) = +\infty$ et $f_2(0) = a$

$h = (f_2 - f_1) \colon]0,a[\longrightarrow \mathbf{R}$ est définie, monotone croissante, et on a

$\lim\limits_{\substack{x \to 0 \\ x > 0}} h(x) = -\infty$ et $\lim\limits_{\substack{x \to a \\ x < a}} h(x) = +\infty$

Il existe donc $x_0 \in \,]0,a[$ unique tel que $h(x_0) = 0$

Or $KM \cdot MH = HC \cdot ND = HP \cdot HC$.

Menons $KL \parallel HM$, avec $L \in HE$, on a

$$MK \cdot KL = HP \cdot PG,$$

donc l'hyperbole $(\mathcal{H}_2)$ passant par G et admettant HC et HL pour asymptotes passe aussi par K.

$$K \in (\mathcal{H}_1) \cap (\mathcal{H}_2)$$

La projection de K sur CE est le point D.

Synthèse: Soit CE un segment quelconque; construisons sur CE le carré $EHGC$; plaçons P sur EH tel que $HP = HE$. Traçons ensuite l'hyperbole $(\mathcal{H}_1)$ passant par H et admettant CE et CG pour asymptotes, et l'hyperbole $(\mathcal{H}_2)$ passant par G et admettant HC et HP pour asymptotes. Les portions de $(\mathcal{H}_1)$ et de $(\mathcal{H}_2)$ dans la bande définie par les deux asymptotes parallèles se coupent en K.

Soient $D \in CE$ tel que $KD \parallel GC$

$I \in EH$ tel que $KI \parallel CE$

$L \in EH$ tel que $KL \parallel MH$;

$$\{M\} = (CH) \cap (DK)$$

Soit $A \in CE$ tel que $CA = KD$. Traçons le cercle $(\mathcal{C}_1)$ de centre A et de rayon AC, et le cercle $(\mathcal{C}_2)$ de centre C et de rayon CE. $(\mathcal{C}_1)$ et $(\mathcal{C}_2)$ se coupent en B, et on a

$$AC \cdot CD = KD \cdot DC = KD \cdot KI = GH \cdot HE = \overline{CE}^2 \quad \text{[équation de } (\mathcal{H}_1)\text{]}.$$

Puisque $CB = CE$ on a $AC \cdot CD = \overline{CB}^2$ (7)

$KD = AC$ et $CD = DM$ on a $AD = KM$.

Mais $MK \cdot KL = GC \cdot GP$ [équation de $(\mathcal{H}_2)$]

on a $KM \cdot MH = GC \cdot CH$ et $\dfrac{MH}{HN} = \dfrac{CH}{HG}$ [parallèlisme]

d'où $$\frac{KM \cdot MH}{KM \cdot HN} = \frac{CH \cdot HG}{\overline{HG}^2} = \frac{PG \cdot GH}{\overline{CG}^2}$$

or $KM \cdot MH = PG \cdot GC$ [équation de $(\mathcal{H}_2)$]

donc $KM \cdot HN = \overline{CG}^2 = \overline{CE}^2$ et $HN = DE$, $KM = AD$

d'où $AD \cdot DE = \overline{CE}^2 = \overline{CG}^2$.

ΔABC et ΔBDC sont semblables d'après (7);

donc $\sphericalangle BDC = \sphericalangle ABC$ et $\sphericalangle CBD = \sphericalangle BAC$, donc $BD = BC$,

d'où $AD \cdot DE = \overline{BD}^2$

Le reste du *Traité* sera donc consacré à la synthèse de la précédente proposition. Le but est de montrer que chacun de ces triangles donne une construction possible de l'heptagone régulier, et que tout autre triangle donné par une telle construction est égal à l'un des quatre précédents.

1. *Cas* (1,3,3).

Analyse: supposons qu'on ait trouvé un triangle ABC (voir Traduction, Fig. 2) dont les angles A, B, C, sont dans le rapport (1,3,3). $\triangle ABC$ est isocèle. Soit $D \in AC$ tel que $\sphericalangle CBD = \sphericalangle BAC$. $\triangle BCD$ et $\triangle ABC$ sont donc semblables.

On a $BD = BC$ et $\dfrac{AC}{CB} = \dfrac{BC}{CD}$

d'où $$AC \cdot CD = \overline{BC}^2 \qquad (1)$$

Soit $E \in DA$ tel que $\sphericalangle DBE = \sphericalangle BAC$

$$\sphericalangle ABD = \sphericalangle BEC = \sphericalangle CBE = \frac{2\pi}{7}$$

donc $EC = CB$.

Mais $\triangle DBE$ et $\triangle ABD$ sont semblables,

donc $$AD \cdot DE = \overline{DB}^2 \cdot \qquad (2)$$

Or $BD = BC$, donc, d'après (1) et (2),

$$AD \cdot DE = AC \cdot CD.$$

$BC = CE$, donc, d'après (2), $AD \cdot DE = \overline{CE}^2$ (3)

et, par conséquent $AC \cdot CD = \overline{CE}^2 \cdot$ (4)

Sur CE, on construit alors le carré $CEHG$ et l'hyperbole $(\mathcal{H}_1)$ passant par H et admettant pour asymptotes CE et CG. La parallèle à CG menée de D coupe $(\mathcal{H}_1)$ en K et GH en N.

Soit $P \in HE$ tel que $HP = HE$; joignons PG et HC. Le segment HC coupe DN en M.

On a $CD = DM$ et $DE = HN$. (5)

Menons $KI \,//\, DC$, on a

$$KD \cdot DC = HE \cdot EC = \overline{CE}^2 \text{ [équation de } (\mathcal{H}_1)]. \qquad (6)$$

On a, d'après (4), $KD = AC$, et d'après (5), $KM = AD$.

D'où, d'après (3) et (5)

$$KM \cdot NH = \overline{CE}^2 \quad \text{et} \quad \frac{NH}{MH} = \frac{GH}{CH},$$

donc $$\frac{KM \cdot NH}{KM \cdot MH} = \frac{GH}{CH} = \frac{\overline{GH}^2}{GH \cdot CH} = \frac{\overline{GH}^2}{ND \cdot HC}\cdot$$

I.H. construit ensuite un triangle du type (1,2,4) pour achever la solution du problème. A part la discussion, historiquement importante (l'intersection des courbes), la solution d'I.H., bien que menée différemment, ne se distingue pas véritablement de celles données par al-Ṣā^cānī ou al-Qūhī. C'est dans son deuxième traité qu'il va renouveler la position même du problème de l'heptagone.

II. *Traité sur la construction de l'heptagone.*

Dans l'Introduction à ce *Traité*, I. H. affirme qu'il entend dépasser les solutions de ce problème, qui ne sont que partielles, pour donner la solution générale.

Il invoque en effet des mathématiciens qui ont déjà traité ce problème; il s'agit d'al-Qūhī, et d'un anonyme dont la solution se fonde sur le lemme d'Archimède, vraisemblablement al-Ṣā^cānī. I.H. procède donc par l'analyse des problèmes, et énonce la proposition suivante:

Soit un cercle ABC, et supposons le problème résolu. Soit $ADEBCGH$ l'heptagone régulier obtenu. Soient ABC, BDH, EBC, DBC, quatre triangles inscrits. Tout autre triangle formé à partir de ces 7 points est égal à l'un de ces quatre triangles (voir Traduction, Fig. 1).

En effet, on a

1. ABC : $\sphericalangle A = \frac{\pi}{7}$, $\sphericalangle B = \frac{3\pi}{7}$, $\sphericalangle C = \frac{3\pi}{7}$ (1,3,3)

2. BDH: $\sphericalangle B = \frac{2\pi}{7}$, $\sphericalangle D = \frac{3\pi}{7}$, $\sphericalangle H = \frac{2\pi}{7}$ (2,3,2)

3. EBC: $\sphericalangle E = \frac{\pi}{7}$, $\sphericalangle B = \frac{5\pi}{7}$, $\sphericalangle C = \frac{\pi}{7}$ (1,5,1)

4. DBC: $\sphericalangle D = \frac{\pi}{7}$, $\sphericalangle B = \frac{4\pi}{7}$, $\sphericalangle C = \frac{2\pi}{7}$ (1,4,2)

Autrement dit, il n'existe que quatre triplets formés à partir de a, b, c entiers naturels, tels que $a + b + c = 7$. I.H. ne justifie pas cette dernière affirmation, dont la démonstration est immédiate. Prenons cette démonstration dans le style de l'époque:

Supposons en effet $a \geqslant b \geqslant c$. Il est impossible d'avoir $a = b = c$, car on aurait $3a = 7$, égalité impossible dans $\mathbf{N}$. Posons $b + c \geqslant 2$, on a $a \leqslant 5$, d'autre part $a + b + c < 3a$, on a $a > 2$. On peut donc prendre 3 valeurs:

$a = 5$ $\quad b + c = 2$, $b = 1$, $c = 1$ (1,5,1)

$a = 4$ $\quad \begin{cases} b + c = 3 \\ b \geqslant c \end{cases}$, $b = 2$, $c = 1$ (1,2,4)

$a = 3$ $\quad \begin{cases} b + c = 4 \\ b \geqslant c \end{cases}$, $b = 3$, $c = 1$ (1,3,3)
$\qquad\qquad b = 2$, $c = 2$ (2,3,2)

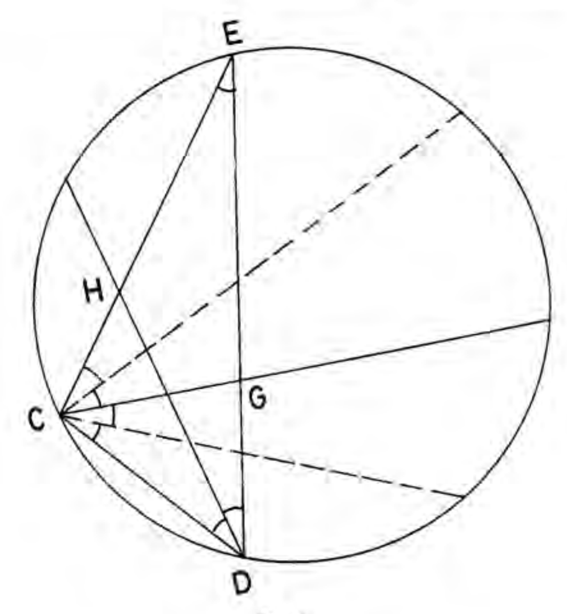


Fig. 6

point dont l'abscisse est l'une des deux racines positives des trois racines réelles de l'équation:

$$x^3 - 2\,ax^2 - a^2x + a^3 = 0.$$

Son raisonnement peut ainsi être traduit:

Soit $f_1 :]\,0,a] \longrightarrow R \quad ; \quad f_1(x) = -x + \dfrac{a^2}{x}$.

f_1 est continue, décroissante.

Soit $f_2 : [0, a] \longrightarrow R \quad ; \quad f_2(x) = \sqrt{a\,(x+a)}$.

f_2 est continue, croissante.

Soit $h :]0,a] \longrightarrow R \quad ; \quad h(x) = f_1(x) - f_2(x)$, h est définie, continue, décroissante, et $\lim\limits_{\substack{x \to 0 \\ x > 0}} h(x) = +\infty$, $h(a) = -a\sqrt{2}$.

Donc il existe $x_0 \in]0,a]$, unique, tel que $h(x_0) = 0$. x_0 est l'abscisse du point cherché.

Mais $$\frac{BC}{CD}=\frac{\overline{AC}^2}{\overline{CD}^2} \text{ car } BC\cdot CD=\overline{AC}^2$$

donc $$\frac{EC}{CH}=\frac{\overline{AC}^2}{\overline{CD}^2}=\frac{\overline{CE}^2}{\overline{CD}^2} \text{ ; d'où } \overline{CD}^2=CH\cdot EC$$

d'où $$\frac{CE}{CD}=\frac{CD}{CH}.$$

Donc ΔDEC et ΔCDH sont semblables, et par conséquent:

$$\sphericalangle DHC=\sphericalangle EDC, \text{ et } \sphericalangle DHC=\sphericalangle EDH+\sphericalangle DEH$$
$$\sphericalangle DEH=\sphericalangle HDC$$
$$\sphericalangle EDC=2\sphericalangle HDC$$
$$\sphericalangle EDC=2\sphericalangle DEC.$$

On a également: $\frac{DG}{EG}=\frac{CD}{CE}=\frac{CD}{AC}$, d'où par composition $\frac{DE}{EG}=\frac{\overline{BD}^2}{\overline{AC}^2}=\frac{\overline{DE}^2}{\overline{CE}^2}$,

et par conséquent $\frac{DE}{CE}=\frac{CE}{EG}$,

donc ΔECD et ΔECG sont semblables, et par conséquent

$$\sphericalangle CGE=\sphericalangle ECD \text{ et } \sphericalangle CGE=\sphericalangle GCD+\sphericalangle GDC$$
$$\sphericalangle EDC=\sphericalangle ECG$$
$$\sphericalangle ECD=2\sphericalangle ECG$$
$$\sphericalangle ECD=2\sphericalangle EDC$$
$$\sphericalangle ECD=4\sphericalangle CED.$$

Si maintenant on construit un triangle inscrit dont les angles soient égaux à ceux de ΔECD, et si on divise $\sphericalangle ECD$ en deux moitiés, et chacune d'elle encore en deux moitiés, et $\sphericalangle EDC$ en deux moitiés, les droites ainsi tracées divisent le cercle en 7 parties égales.

On vient donc de voir qu'I. H., pour diviser d'abord le segment selon les conditions données, considère *(HI, HK)* comme un repère rectangulaire. Soit donc

$(HI,HK)=(Ox,Oy)$, $EH=a$.

$$(\mathcal{P})=\{(x,y)\ ;\ y^2=a(x+a)\}$$
$$(\mathcal{H})=\left\{(x,y)\ ;\ y=-x+\frac{a^2}{x}\right\}$$

Il montre que ces deux courbes doivent nécessairement se couper en un

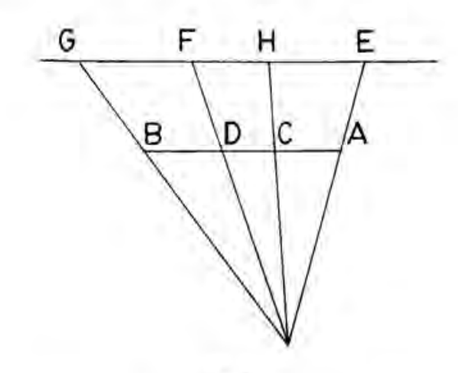


Fig. 5

Mais	$EH = HI$,	d'où	$FN > HI$
	$FN > HF$,	puisque	$HF < HI$.
Or	$NF = FG$,	donc	$FG > FH$
	$EH > HF$	car	$EH = HI$.
Donc	$EH > HF$	et	$FG > HF$

d'où par homothétie $AC > CD$ et $DB > CD$.

On a enfin divisé AB en C et D selon les conditions données. C.Q.F.D.

La construction de l'heptagone se ramène enfin à celle d'un triangle ECD tel que $EC = CA$ et $ED = DB$. Le cercle circonscrit à ce triangle donne directement l'heptagone régulier inscrit. Le procédé d' I. H. est nettement différent de celui d'Archimède dans la mesure où D et C ne sont pas nécessairement à l'intérieur du cercle donné. Or, I.H. s'est déjà assuré de la constructibilité de ce triangle puisque:

$$AC > CD \quad \text{et} \quad DB > CD \Rightarrow AC + DB > CD$$

d'autre part $\quad AC^2 = CD \cdot BC \quad$ et $\quad AC > CD \Rightarrow AC < CB$

d'où $\quad AC < CD + DB \quad$, donc $AC - DB < CD$

d'où $\quad AC - DB < CD < AC + DB$.

Le rapport des angles de $\triangle ECD$ est du type (1,2,4), c'est-à-dire

$$\sphericalangle EDC = 2 \sphericalangle CED \sphericalangle \quad \text{et} \quad \sphericalangle ECD = 4 \sphericalangle CED.$$

Soit DH la bissectrice de $\sphericalangle CDE$ et CG la bissectrice de $\sphericalangle ECD$, on a

$$\frac{EH}{HC} = \frac{ED}{DC} = \frac{BD}{DC}, \text{ d'où par composition } \frac{EC}{CH} = \frac{BC}{CD}.$$

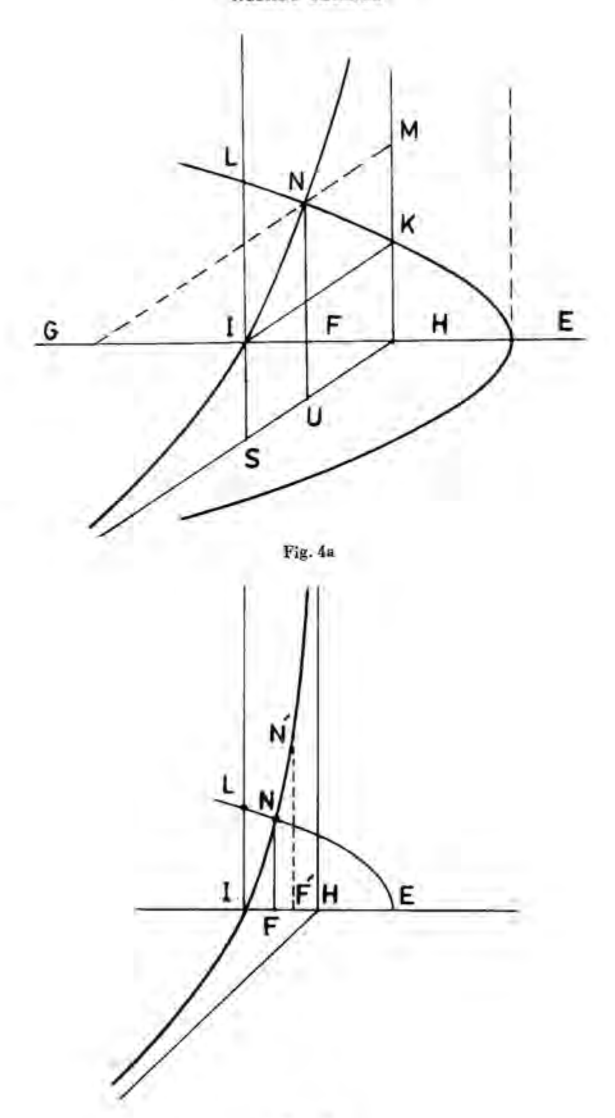


Fig. 4a

Fig. 4b

Soit $HK \perp HE$, $HK = HE$ et $HK \,//\, IL$.

Traçons la parabole $(\mathfrak{T})$ d'axe EG, de sommet E et de côté droit EH; d'après I,22 des *Coniques* on a $KE(\mathfrak{T})$ car $KH = HE$.

Soit $L \in (\mathfrak{T})$ tel que $LI \perp IE$. Prolongeons LI jusqu'en S tel que $IS = IH$. $KISH$ est donc un parallèlogramme.

Traçons l'hyperbole $(\mathcal{H})$ passant par I et admettant HK et HS pour asymptotes. $(\mathcal{H})$ existe d'après II, 4 des *Coniques.*

Or $IL \,//\, KH$ et KH est une asymptote. IL coupe donc $(\mathcal{H})$ en un point unique I. La demi-droite IL est à l'intérieur de $(\mathcal{H})$ et ne rencontre $(\mathcal{H})$ qu'au point I.

IL et KH déterminent donc une bande (voir Fig. 4b) dans laquelle on a

$$F'H < IH .$$

Soit N' un point quelconque donné de $(\mathcal{H})$, alors

si $N'F' > NF$ alors $d(N',HK) < d(N,HK)$

si $N'F' \rightarrow +\infty$ alors $d(N',HK) \rightarrow 0$.

Donc la portion de $(\mathcal{H})$ dans la bande (IL,HK) est coupée par la portion KL de $(\mathfrak{T})$ en un point N.

Soit $NM \,//\, KI$ et $NU \,//\, HK$.

On a $NM{\cdot}NU = KI{\cdot}IS$ [d'après l'équation de $(\mathcal{H})$]

$$(N,H) = (S,K).$$

Or $HF \perp NU$ et $HI \perp IS$,

donc $NU{\cdot}HF = SI{\cdot}IH = \overline{EH}^2$.

Posons $FG = NF$. Or $FU = FH$, donc $HG = NU$,

d'où $GH{\cdot}HF = \overline{EH}^2$.

D'autre part $FE{\cdot}EH = \overline{FN}^2$ [équation de $(\mathcal{T})$].

Or $FN = FG$, donc

$$FE{\cdot}EH = \overline{FG}^2.$$

Les points E, H, F, G donnent finalement la division cherchée.

On passe de cette division de EG à celle de AB par une homothétie.

On a donc $DA{\cdot}AC = \overline{DB}^2$

$$BC{\cdot}CD = \overline{CA}^2.$$

Il reste à montrer que $AC > CD$ et $DB > CD$.

On a $FE{\cdot}EH = FG^2 = \overline{FN}^2$

or $FE > EH$; d'où $FN > EH$.

(b) D'autre part: $\Delta HDE = \Delta BGC \Rightarrow ED{\cdot}EH = BG{\cdot}BC$

$$\frac{ED}{BC} = \frac{BG}{EH} = \frac{AI}{DE} \Rightarrow \overline{ED}^2 = BC{\cdot}AI, \overline{ED}^2 = AD{\cdot}AI.$$

I.H. raisonne directement sur la construction à partir d'un carré, il ne mentionne pas la relation (a) implicitement vérifiée et considère la relation (b). Il montre que la détermination du couple (E, I) vérifiant (9) revient à celle de E divisant $AL = 2AD$ et vérifiant

$$\frac{DA}{LE} = \frac{\overline{EA}^2}{\overline{DE}^2} .$$

C'est-à-dire qu'il ramène le problème à une expression qui ne contient plus I. Pour construire E, I.H. se sert des deux paraboles dont les côtés droits respectifs sont s et s_1, mais qu'il ne détermine pas en fonction de AD, qui est pourtant la donnée du problème. En effet, s est défini par $s = \overline{OD}^2/DL = \overline{EA}^2/DE$ et dépend ainsi du point E, inconnu. On ne peut pas, par conséquent prendre E quelconque. D'autre part, on peut montrer que $s_1 = \frac{5}{\sqrt{2}} s$, et ainsi on ne peut pas construire la deuxième parabole sans connaître le point E;[1] c'est encore de ce point inconnu que dépendent les points O, F, U.

2. Tout indique donc que, devant la difficulté précédente, I.H. reprend le problème dans une deuxième partie de son premier *Traité*. Il note d'abord que la construction de l'heptagone régulier selon le lemme d'Archimède revient en fait à diviser un segment AB de telle sorte que

$$DA{\cdot}AC = \overline{DB}^2 \quad \text{et} \quad BC{\cdot}CD = \overline{AC}^2$$

avec

$$AC > DC \quad \text{et} \quad DB > DC.$$

A C D B

Prenons EG (voir Fig. 4a) un segment quelconque, H et I deux points de EG tels que $HI = HE$.

1. $\frac{\overline{EA}^2}{\overline{DE}^2} = \frac{DL}{LE} \Longrightarrow \frac{\overline{EA}^2}{DL} = \frac{\overline{DE}^2}{LE} = s.$

Considérons un repère de "sommet" L. Posons $AD = a$, $DE = x$,

on a $$\frac{(a+x)^2}{a} = \frac{x^2}{(a-x)} = s\,;$$

d'où $$x^3 + 2ax^2 = a^2x + a^3$$

d'autre part on a $LU = \sqrt{2}\,(a-x)$, $\overline{OU}^2 = 5x^2$ d'où $\frac{LU{\cdot}s}{\overline{OU}^2} = \frac{\sqrt{2}\,(a-x)\,x^2}{5x^2(a-x)} = \frac{\sqrt{2}}{5}$; d'où $s_1 = \frac{5}{\sqrt{2}}\,s.$

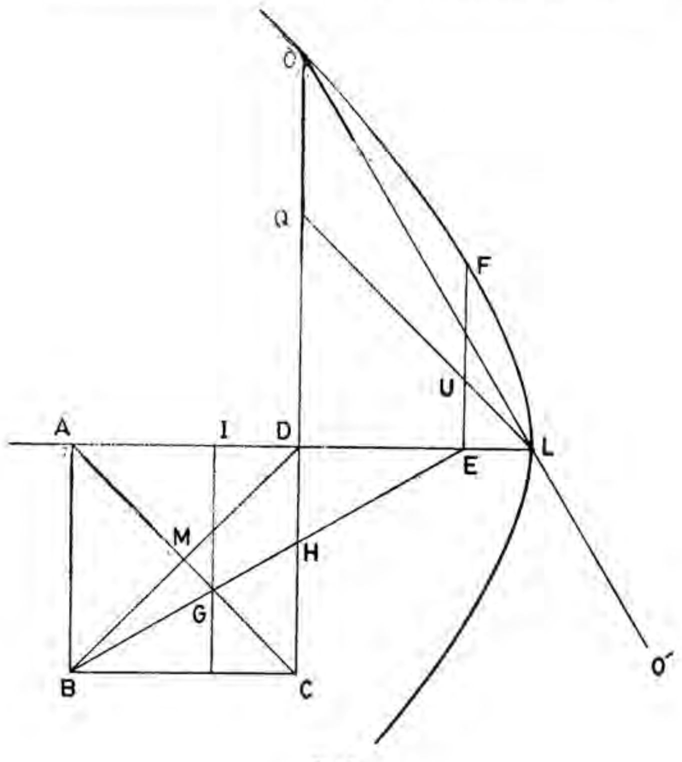


Fig. 3

Mais il sait, d'après Archimède, que si on considère un carré $ABCD$ et un point E sur AD, BE coupera AC en G et CD en H, de sorte que I est la projection de G sur AD; et on a

$$EI \cdot ID = \overline{IA}^2 \cdot$$

Donc à tout point $E \in AD$ est associé un point I vérifiant cette condition. Si de plus $\Delta HDE = \Delta BGC$, alors on a (9).

En effet, en utilisant les parallèles, on a

$$\text{(a)} \qquad \frac{EI}{EA} = \frac{EG}{GB} = \frac{IG}{GK} = \frac{AI}{KC} = \frac{AI}{ID} \Rightarrow \overline{AI}^2 = EI \cdot ID .$$

K est la projection de G sur BC.

(L, F, O) cette parabole; elle passe également par F, car d'après (6) et (7) on a

$$LE \cdot s = \overline{EF}^2 \cdot \tag{8}$$

Posons $DQ = DL$ et joignons LQ. Il coupe EF en U.

On a LDQ de forme connue – [triangle isocèle] – et $\sphericalangle OQU$ est connu [$= 135°$]. Le rapport $\frac{QU}{DE}$ est aussi connu car $\frac{QU}{DE} = \frac{QL}{DL}$.

Or $$OD = EA \quad \text{et} \quad QD = DL = DA\,,$$

donc $QO = DE$, et $\frac{OQ}{QU}$ est par conséquent connu $\left[= \frac{1}{\sqrt{2}}\right]$, et OQU est aussi connu [$= 135°$].

De même ΔOQU est de forme connue et $\frac{UQ}{OQ}$ est connu.

On a $OQ = DE$ et $DE = EF$, donc $OQ = EF$ et $\frac{\overline{OU}^2}{\overline{FE}^2}$ est connu.

D'après (8) on a $\frac{LE \cdot s}{\overline{OU}^2}$ connu, et $\frac{EL}{LU}$ connu, donc $\frac{LU \cdot s}{\overline{OU}^2}$ est connu et $\sphericalangle OUL$ est connu.

Donc la parabole de diamètre LQ, de sommet L, dont l'angle des ordonnées est OUL et le côté droit est un segment dont le rapport à s est connu, passe par O. Soit (L, R, O) cette parabole.

$\left[\frac{LU}{\overline{OU}^2} \cdot s = k \implies LU \cdot \frac{s}{k} = \overline{OU}^2 \implies LU \cdot s_1 = \overline{OU}^2 \implies s_1\right.$ le côté droit$\left.\right]$.

Si donc on connaît AD, le point L et la grandeur de S, alors la parabole (L,F,O) sera de position connue. Le segment LQ est donc de position connue, car $\sphericalangle DLQ$ est connu. s_1 est également connu, et $\sphericalangle OUL$ est connu, donc (L, R, O) sera de position connue. Le point O sera donc connu. OD sera également connu car $OD \perp LD$. Mais comme OD/DL est connu, et que $OD = AE$ et $DL = AD$, alors AE/AD est connu. On peut donc construire le carré $ABCD$ selon les conditions du Lemme d'Archimède.

L'examen attentif de cette analyse d'I.H. montre qu'elle ne mène pas à la solution du problème d'Archimède. Sans doute est-ce en raison de cette difficulté qu'I.H. n'a jamais repris la synthèse de sa propre analyse. Examinons donc brièvement l'analyse d'I.H. pour localiser cette difficulté.

Il vient de déterminer un couple (E, I) sur un segment AD, tel que

$$DA \cdot AI = \overline{DE}^2 \tag{9}$$

la perpendiculaire DM' sur AC. Elle remplacera DM, et on est ramené aux rapports précédents.

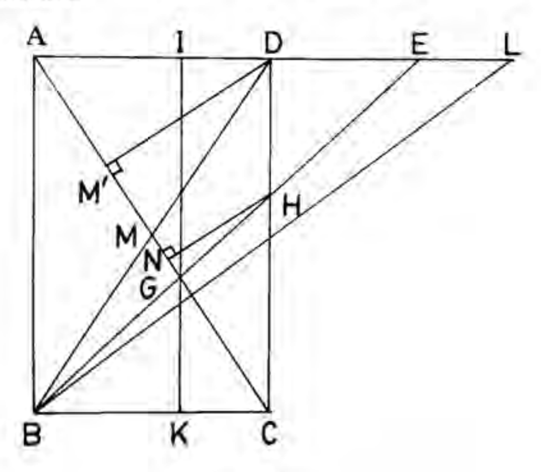


Fig. 2

On a $$\frac{\Delta ACD}{\Delta CGH} = \frac{\Delta BDL}{\Delta BEL} = \frac{DL}{LE}$$

et par conséquent $$\frac{DL}{LE} = \frac{EB}{BH} \cdot \frac{EB}{BG} = \frac{EA}{AD} \cdot \frac{EA}{AI} = \frac{\overline{EA}^2}{AD \cdot AI}$$

mais $$DA \cdot AI = \overline{DE}^2$$

d'où $$\frac{DL}{LE} = \frac{\overline{AE}^2}{\overline{DE}^2} \tag{5}$$

Or, d'après (1), $AD = DL$. Donc, la construction se ramène à diviser $AL = 2\,AD$ en un point E tel qu'il vérifie (5). Mais cette division du segment AL ne peut se faire qu'à l'aide des coniques.

Poursuivons donc l'analyse et supposons que le segment ait été ainsi partagé. Prolongeons CD en O et posons $DO = AE$.
Menons de E, $EF \perp AL$ tel que $EF = DE$ – voir Fig. 3. On a

$$\frac{DL}{EL} = \frac{\overline{OD}^2}{\overline{EF}^2} \tag{6}$$

Soit $$DL \cdot s = \overline{OD}^2 \tag{7}$$

La parabole d'axe DL, de côté droit S, passe donc par O, d'après (7). Soit

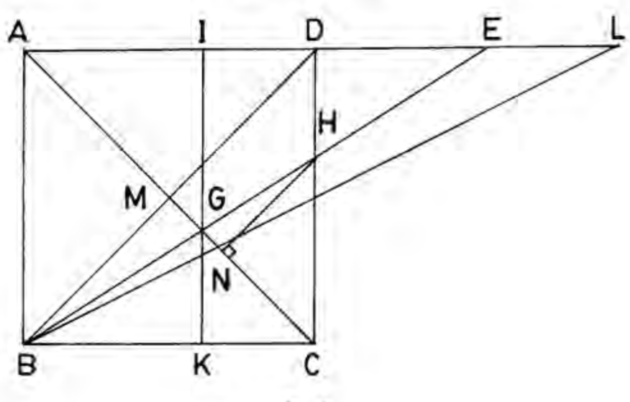


Fig. 1

d'où, d'après (3)

$$\Delta AMD = \Delta EDH + \Delta BMG.$$

Ajoutons communément aux deux membres le quadrilatère $MDHG$, on a

$$\Delta BDE = (A,D,H,G)$$

Soit $\Delta BEL = \Delta CGH$,

On a $\Delta BDL = \Delta ADC$, et ils sont entre deux parallèles.

donc $LD = DA$ (4)

et on a $\dfrac{\Delta BDL}{\Delta BEL} = \dfrac{\Delta ADC}{\Delta CGH}$.

Menons $HN \perp GC$, on a $HN \cdot \frac{1}{2}\, GC = \Delta GHC$,

et de même $DM \cdot \frac{1}{2}\, AC = \Delta ADC$ car $DM \perp AM$,

donc $\dfrac{\Delta ADC}{\Delta CGH} = \dfrac{DM}{HN} \cdot \dfrac{AC}{GC} = \dfrac{DC}{CH} \cdot \dfrac{AC}{GC}$,

et par conséquent $\dfrac{DC}{CH} = \dfrac{BE}{BH}$; $\dfrac{AC}{GC} = \dfrac{EB}{BG}$,

donc $\dfrac{\Delta ACD}{\Delta CGH} = \dfrac{EB}{BH} \cdot \dfrac{EB}{BG} = \dfrac{\overline{EB}^2}{BH \cdot BG}$.

Si $ABCD$ est un rectangle – voir Fig. 2 –, il est donc nécessaire de mener de D

traité, dévalorisant de ce fait sa contribution. Dans ce traité, en effet, I.H. ne se démarquait pas de ses prédécesseurs quant à la généralité de son étude, laquelle n'était du reste pas exempte d'incertitudes, que l'on a omis de souligner. Or, dans le deuxième traité, I.H. reprend le problème, dont il entreprend délibérément l'étude générale. Il rappelle les limites des travaux de ses prédécesseurs, parmi lesquels il cite al-Qūhī, et un autre auteur qui pourrait être al-Ṣaᶜānī, comme on le verra.

En raison de l'importance de la contribution d'I.H. à l'histoire de ce problème, et pour marquer l'évolution interne de sa propre étude, nous examinerons successivement les deux traités en suivant le texte au plus près, même au détriment de la brièveté.

I. "*La détermination du lemme au côté de l'heptagone*"

1. Ibn al-Haytham entend ici le lemme donné par Archimède pour la construction de l'heptagone. On sait en effet qu'Archimède, dans un texte sur la construction de l'heptagone conservé seulement dans sa traduction arabe, se sert du lemme suivant:[1]

Lemme:[2] Soit $ABCD$ un carré, AC sa diagonale. Prolongeons AD en E et traçons $BGHE$ tel que les deux triangles BGC et HDE soient égaux. Menons $KGI \,//\, BA$, on a

$$DA \cdot AI = \overline{DE}^2 \qquad (1)$$
$$EI \cdot ID = \overline{IA}^2 \qquad (2)$$

Or si (1) et (2) peuvent être déduites à l'aide de l'égalité des deux triangles BGC et HDE, la construction du couple (E, I) ne peut être faite qu'à partir des sections coniques. Mais Archimède a construit ce couple par la géométrie mobile.

I.H. entend donc tout d'abord démontrer ce lemme qu'Archimède n'a pas véritablement prouvé. Il commence par essayer de réduire le problème posé, et procède en cela par analyse. Joignons donc BD, il coupe AC en M, son milieu. On a

$$\triangle BMC = \triangle AMD \qquad (3)$$
$$\triangle BMC = \triangle BMG + \triangle EDH$$

1. Voir C. Schoy, *op. cit.* pp. 74 sqq.

2. Notons que ce lemme peut être ramené à trouver sur un segment donné AD un point I et sur son prolongement un point E tels que (1) et (2).
Si on pose $AD = a$, $ID = y$, $DE = x$, il vient

$$I \quad \begin{cases} x^2 = a\,(a - y) \\ (a - y)^2 = (x + y)\,y \end{cases}$$

d'où finalement:

$$x^3 + 2\,ax^2 = a^2x + a^3$$

équation que l'on peut résoudre à l'aide de l'intersection des deux courbes dont les équations sont données par I. La première courbe est une parabole, la seconde est une hyperbole.

trer, l'intersection des courbes utilisées. Pour répondre à cette exigence, les mathématiciens ont été conduits, d'une manière plus ou moins implicite selon le cas, à étudier des propriétés des courbes, telles que: la continuité, la convexité, leurs comportements asymptotiques. Ces préoccuppations n'apparaissent encore qu'à peine dans l'algèbre d'al-Khayyām; elles sont pourtant présentes dans celle de Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, et contribuent ainsi au passage de la théorie géométrique des équations au début de la géométrie algébrique. Nous traitons ailleurs[3] de cet apport à l'histoire de l'algèbre; nous nous limitons ici au cas de l'heptagone régulier, et plus précisément encore aux études de ce problème par I.H. Importantes du point de vue que l'on vient d'évoquer, ces études ont également fortement marqué l'histoire de l'heptagone régulier.

Rappelons en effet tout d'abord que l'histoire de ce problème est connue, dans ses grandes lignes tout au moins. Elle vient d'être retracée ici même.[4] Ses différentes étapes sont jalonnées par les noms d'Abū al-Jūd, d'al-Sijzī, d'al-Qūhī, d'al-Ṣaᶜānī. Afin de construire l'heptagone, ces éminents mathématiciens ont procédé par la construction d'un triangle inscrit dans le cercle donné, et dont les angles sont dans un certain rapport. Ainsi Abū al-Jūd, et de même al-Sijzī, ont considéré le rapport (1,3,3); al-Qūhī a étudié séparément les deux cas (1,2,4) – qui renvoie au lemme d'Archimède, comme on le verra – et (1,5,1). Al-Ṣaᶜānī, quant à lui, a également traité le cas (1,2,4). Telles qu'elles se présentent, et faute d'exhiber tous les cas possibles et de les traiter tous, ces solutions sont donc particulières. Or, depuis C. Schoy,[5] les historiens ne se sont pas interrogés sur ce manque de généralité. Pourquoi en effet les mathématiciens arabes n'ont-ils pu s'élever au-dessus de la particularité des cas de la construction de l'heptagone pour les traiter tous? C'est pour répondre à cette question que nous nous tournons vers l'oeuvre d'I.H., afin de montrer que cette généralisation a bien été accomplie, et qu'elle est de son fait.

Grâce aux biobibliographes anciens,[6] on sait que I.H. a composé deux traités sur l'heptagone régulier. Le premier est intitulé "*Traité sur la détermination du lemme au côté de l'heptagone*". Le deuxième, rédigé plus tardivement, a pour titre "*Traité sur la construction de l'heptagone*".

Alors que le premier est connu, traduit en allemand par C. Schoy,[7] le deuxième[8] ne l'est point. Aussi a-t-on réduit l'étude d'I.H. à son premier

3. Voir notre édition (traduction, commentaire: à paraître) du *Traité* d'al-Ṭūsī, *Des Equations*.

4. Voir A. Anbouba, "L'heptagone régulier", *Journal for the History of Arabic Science*, 1 (1977), 73-105.

5. Voir C. Schoy, *Die trigonometrischen Lehren des Persischen Astronomen Abū'l-Raiḥān Muḥ. Ibn Aḥmad al-Bīrūnī* (Hannover, 1927), pp. 72 sqq.

6. Voir Ibn Abi 'Uṣaybiᶜa, *ᶜUyūn al-'anbā' fī ṭabaqāt al-'aṭibā'* (Beyrouth, 1965), pp. 559-560; Ibn al-Qifṭi, *Ta'rīkh al-ḥukama'*, ed. J. Lippert, (Leipzig, 1903), p. 167.

7. Voir C. Schoy, *op.cit.* pp. 85-91 (traduction faite à partir du manuscrit d'India Office). Nous donnons ici une édition de ce Traité.

8. Nous donnons ici l'édition et la traduction française de ce texte.

La construction de l'heptagone régulier par Ibn al-Haytham

Roshdi Rashed*

A PARTIR de la deuxième moitié du IXème siècle, les mathématiciens arabes se sont attachés à l'étude des problèmes célèbres hérités des Alexandrins. Ainsi les deux moyennes, la trisection de l'angle, la construction de l'heptagone régulier, notamment, firent l'objet des recherches des plus éminents géomètres de l'époque, Aḥmad b. Shākir, Thābit b. Qurra, Abū al-Jūd, al-Sijzī, al-Qūhī, al-Ṣaᶜānī, Ibn al-Haytham (I.H.), parmi bien d'autres. Et, comme ces problèmes de construction géométrique ne peuvent être résolus au moyen de la règle et du compas, ils constituèrent un thème de controverse et de défi entre les géomètres, et un sujet de correspondance et d'entretiens à la cour.

Si l'on connaît mal les raisons scientifiques, mais aussi sociologiques, de l'intense activité de ce siècle, on n'ignore pas en revanche quel fut l'apport de ces recherches non plus à l'histoire de la géométrie, mais à celle de l'algèbre. Woepcke le premier[1] a en effet remarqué quelle fut l'importance des travaux sur les deux moyennes et sur la trisection de l'angle pour l'élaboration de la théorie géométrique des équations cubiques, telle qu'elle se présente dans l'algèbre d'al-Khayyām. Les géomètres, il est vrai, ont eu recours, pour résoudre ces problèmes, à des courbes autres que les droites et les cercles, et par conséquent aux *Coniques* d'Apollonius. Il est vrai également qu'ils ont procédé par l'intersection de ces courbes, et que parfois même, pour ne citer que le témoignage d'al-Bīrūnī, ils ont reconnu les polynômes associés.[2] En un mot, ces divers problèmes de construction géométrique ont ainsi constitué un domaine d'application des courbes coniques. Cette application, à son tour, a fourni non seulement des techniques, mais aussi des concepts, dont la traduction algébrique par al-Khayyām a rendu possible l'élaboration de la toute nouvelle théorie des équations cubiques. Mais l'apport de ces recherches à l'histoire de l'algèbre ne se borne pas à al-Khayyām et à sa théorie géométrique des équations. C'est en effet au sein de cette tradition de géomètres, et tout particulièrement chez I.H., que surgit une nouvelle exigence: justifier, sinon démon-

* C.N.R.S. - Paris.

1. Voir Woepcke: *L'Algèbre d'Omar Alkhayyami* (Paris, 1851), et en particulier les additions pp. 91-125.

2. Voir le troisième livre d'*al-Qānūn al-masᶜūdī*, édition Imām Ibrāhīm Aḥmed (Le Caire, 1965), pp. 102 sqq.

ملخصات الأبحاث المنشورة في القسم الأجنبي

منهج الكاشي غير العملي في تحديد ارتفاع الشمس

إ . س . كندي وماري تريز دبارنو

إن الشهرة الأساسية للعالم الفارسي جمشيد غياث الدين الكاشي (٨٠٠ للهجرة) لتستند إلى مآثره في الرياضيات الحسابية. والمشكلة المعروضة هنا قد تضفي شيئاً ما على منزلته الرياضية الرفيعة ، إلا أنها تتضمن معالجة جبرية للعلاقات المثلثاتية لا الحساب بما هو كذلك .

يعرض لنا الكاشي في المقالة الخامسة من مجلده الفلكي الفارسي « زيج خاقاني » (في الصفحات ١٨٧ ف – ١٨٨ ر – من India Office, London, MS. 430) منهجاً لحساب ارتفاع الشمس في لحظة ما معينة ، وذلك بعد قياس عرض ظل يلقيه جدار ما . فإذا ما نظر إلى هذا المنهج على أنه تقنية عملية عُدَّ متهافتاً ، ذلك أن مصطنعه ليحتاج إلى أن يعرف قبل كل شيء (ومقدماً) عرض البلد المحلي وميل الشمس ك وزاوية السمت وارتفاع الجدار . وإنه لمن الأسهل في ذلك كل السهولة أن نرصد ارتفاع الشمس مباشرة .

وهذا البرهان يستند بعامة إلى العلاقتين التاليتين :

عرض الظل d هو :

$$d = w \,\text{تظل}\, h \,\text{حب}\, (a - a_s) \qquad (١)$$

$$\text{حب}\, a_s = \frac{1}{\text{تحب}\, h} \left(\text{حب}\, h \,\text{ظل}\, \varphi - \frac{\text{حب}\, \delta}{\text{تحب}\, \varphi} \right) \qquad (٢)$$

ومن الواضح أن الكاشي قد أُخِذَ وفتُن بالمشكلة الرياضية المعروضة ههنا . وهو

عادة يقدم براهين على كل ما يجري من عمليات ، إلا أنه يدعي في هذا العملية أنه عرض براهنها في دراسة منفصلة برأسها. بيد أن قارىء الزيج ليشعر باللذة إذ يبرهن عليها بنفسه وذلك كيما يقدر صعوبتها حق قدرها . ونحن قد أعدنا صياغة برهانها انطلاقاً من تعاقب القواعد اللفظية للحل المعطى في النص .

وهذا البرهان يستند بعامة الى العلاقتين التاليتين :

عرض الظل d هو :

$$d = w \text{ تمام ظل } h \text{ حب } (a - a_s) \qquad (١)$$

(حيث h تمثل ارتفاع الشمس ، a زاوية سمت و a_s سمت الظل الذي يلقيه الميل العمودي في لحظة الرصد)

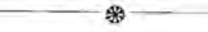
$$\text{حب } a_s = \frac{1}{\text{حب} h} \left(\text{حب } h \text{ ظل } \varphi - \frac{\text{حب } \delta}{\text{حب } \varphi} \right) \qquad (٢)$$

(حيث φ تمثل عرض البلد المحلي و δ ميل الشمس) .

والعبارتان الجبريتان (١) و (٢) كلتاهما يمكن النظر إليهما على أنهما تابعان متغيراهما المستقلان هما h و a_s ، و h على التوالي . ذلك أن العبارة الثانية يمكن أن تصطنع لإقصاء a_s من العبارة الأولى وذلك بغية انتاج علاقة قابلة للحل من أجل h . قد يكون ذلك ممكناً إلا أن العمليات الجبرية والمثلثاتية الناجمة عن ذلك ستكون ملتوية جداً .

والكاشي ، لعظيم فضله ، يسهل علينا الأمر باستبداله $a-a_s$ بـ a_s ، وبضربه طرفي العبارة الجبرية الثانية كليهما في (h بطل w) وبدمجه نتيجتين من نتائجها الأولية تجنباً لتربيع ثلاثي الحدود .

إلا أن هذا الإجراء العام ليخفق إذا ما طبقناه على الحالة الخاصة التي يكون فيها الجدار قائماً في المستوى الشرقي — الغربي ، ولهذا السبب عمد الكاشي إلى إعطائنا قاعدة خاصة يمكن البرهنة عليها من طريق رسم بياني هندسي .



دفاعاً عن « كتاب النار »[1]
« السيمياء العربية و روجر بيكون وإدخال البارود إلى الغرب »

فرنارد فولي
كيث پري

يعد هذا البحث محاولة رزينة لإظهار فضل العرب وريادتهم في ميدان المتفجرات النارية. وهو يعرض لذلك آراء من يشكون في ذلك ليدحضها داحضاً بذلك الدعوى القائلة إن الفضل إنما يعود في هذا الشأن إلى بيكون ، كما زعم هايم الذي قال : إن بعض صيغ « كتاب النار » ترجع إلى عام ١٣٠٠ م أو إلى ما بعد وفاة بيكون (أي بين عامي ١٢٨٤ و ١٢٩٢) وإلى ما بعد ما كتبه عن المسحوق المتفجر من كتب . ثم إن هايم يعتقد أن الصيغ القائمة في « كتاب النار » غير قادرة على توليد متفجر جدير بهذا الاسم (ذلك بأنه أهمل كل الإهمال الصيغة الثالثة والثلاثين من هذا الكتاب ولم يدرس سوى الصيغتين الثانية عشرة والثالثة عشرة ، ونسي أن الصيغة الأخيرة تتحدث عن صنع غلاف يتفجر فيه المسحوق ، وأن الصيغة الثالثة والثلاثين تتحدث عن النار القاذفة وهي ذات محتوى يختلف في نسبته من نترات البوتاسيوم (٦٨ ٪) عن محتوى الصيغة الثالثة عشرة (٦٦ ٪) . والحقيقة أن هذه النسب لقريبة من النسب الحديثة (٧٥ ٪ من نترات البوتاسيوم ، ١٠ ٪ من الكبريت و ١٥ ٪ من الفحم) مما يثبت قوة تفجرها ومدى فعاليتها بغض الطرف عن غلافها . ويرى هايم بعد ذلك كله وبعد دعواه أن قوة الغلاف وحدها هي التي تسمح لهذه المساحيق بالتفجر (مخالفاً في ذلك حقيقة الأمر) أن مصنفات بيكون لتشتمل على أفضل ما يتصل بتقنية نترات البوتاسيوم من معرفة وطرائق ، وإن جاء ذلك على شكل ملغز (شفرة) ، وهو يدعي فضلاً عن ذلك أنه استطاع حل هذه الشفرة في كتاب بيكون (**de secretis**) بحيث يمكن القول إن صيغة بيكون تتضمن النسب التالية : سبعة أجزاء من نترات البوتاسيوم وخمسة أجزاء من الكبريت وخمسة أجزاء من الفحم (وهي صيغة نسبة النترات فيها

١ - كتاب النار « **Liber igneum** » المنسوب إلى مارك اليوناني هو كتاب ذو أصول عربية واضحة كما هو معروف وكما يبين ذلك أجلى تبيين البحث الذي نقدم موجزاً له ههنا بين يدي القارىء العربي . والدفاع عن هذا الكتاب إنما يعني الدفاع عن أصالة العرب وريادتهم فيما أنجزوا من شيء في ميدان المتفجرات والبارود .

قليلة مما يتولد عنها تفجر ضعيف واهٍ ، على خلاف تفجر مسحوق كتاب النار) . ويتبع هايم في بعض آرائه بارتنغتون (وكلاهما يرفض دعوى غوتمان القائلة إن برتولد شفارتس الألماني هو أول من فجر القذائف وإن يكن آخرون قد ابتدعوا المتفجر ، وهو لم ينسَ مع ذلك رجع هذا العلم إلى السيمياء العربية ومخطوطة كتاب النار العربي والمنسوب إلى مارك اليوناني) الذي يرى أن مساحيق كتاب النار ليست بمتفجرات حقيقية ، إذ هي تحترق بسرعة كافية لتوليد ضغط غازي داخل الغلاف الورقي مما تنجم معه الفرقعة عن تمزق هذا الغلاف . وهذا يعني (كما يعتقد كل من هايم وبارتنغتون) أن لقوة الغلاف ومتانته أثراً كبيراً في التفجر الحاصل ، وأن مثل هذه الفرقعة الناجمة عن هذا المسحوق (مسحوق كتاب النار) لا يمكن إنتاجها إذا ما أحرق المسحوق في الهواء الطلق أو في وعاء سهل التمزق بالضغط . وكل ذلك إنما هو على العكس من أغلفة مفرقعات بيكون الرقيقة والسريعة التمزق والتي ترجع فرقعتها الى جودة مسحوقها وحسب . ولكن ، إذا كان بيكون يعرف خصائص المتفجرات وآثارها فإنه ، كما يقول بارتنغتون ، لم يمارسها شخصياً ، فهو مبدع لا مجرب ورائد لا متبع ومن هنا تأكيد المؤلف على أن بيكون لم يرجع إلى كتاب النار ولم يتخذه مصدراً له في هذا الصدد . ثم إن مؤلفنا هذا لا ينكر أن هناك شبهاً كبيراً بين الصيغة الموجودة في كتاب (**de mirabilis mundis**) ، المنسوب إلى ألبرت الأكبر ، استاذ بيكون ، والصيغة الثالثة عشرة من كتاب النار بحيث يمكن النظر إلى تلك بصفتها إيجازاً لهذه وإن يكن الإيجاز يجعلها غامضة . وهذا الكتاب بأجمعه إنما هو عمل منسوخ من مجموعة من الصيغ الكيماوية العربية كما يرى بارتنغتون . ثم إن فضل بيكون في تنقية نترات البوتاسيوم لم يثبته إلا تفسير متعسف للفصلين الملغزين التاسع والعاشر من كتاب بيكون «**de secretis**» ، مما يبعث على الشك المريب في أمر ذلك . ويرجع بارتنغتون الفضل في وصف التقنية هذه إلى حسن الرماح (المتوفى عام ١٢٩٤ أو ١٢٩٥) فهذا لم يصف عملية التنقية نفسها بتفصيلها وحسب بل إنه أضاف إلى ذلك اصطناع رماد الخشب من أجل ترسيب أملاح الكلسيوم والمغنزيوم من المحلول قبل تبلور نترات البوتاسيوم . والرماح يشارك كتاب النار فضل إدخال فكرة فتيل المفرقعة وإقامته بنجاح في علبة المتفجر الناري وهذا ما لم يقل عنه بيكون شيئاً . ثم إنا نستطيع أن نرجع الصيغة الانكليزية للدكتور ارديرن (١٣٧٧ م) إلى كتاب النار الذي اتبعه ارديرن اتباعاً حرفياً في مواضع كثيرة من مصنفاته . إن لجوء بيكون إلى الرموز (الشفرة) أفضى إلى الاعتقاد أنه أول من عرف

المسحوق المتفجر. فإذا كانت صيغه كتبت بين أعوام ١٢٥٠ م أو ١٢٦٥ م و ١٢٦٨ م ؛ وإذا كانت صيغه قد وضعت صريحة واضحة بين عامي ١٢٦٦ و ١٢٦٨ م ، فما سبب إلغازه (شفرته) من قبل ؟ وما دعواه أنه مبتدع لهذا المتفجر إذا كان يقول هو نفسه إن الأطفال ، في شتى أنحاء العالم ، كانوا يلعبون بهذه الخلائـــط المتفجرة (بعد عشرين سنة فقط من الكشف عن أمر شفرته) ؟ . يقال إن سبب كتابته الملغزة خوفه من الكنيسة وارتيابها فيه بسبب اهتمامه بالعلم العربي ... كل ذلك يجعلنا نؤكد أنه ناقل للمعارف الكيماوية لا متبدع لها . ثم إن صيغ كتاب النار أقرب ما تكون إلى الصيغ الحديثة في نسبها مما يفند ادعاء هايم من أن قوة الغلاف وحدها هي التي تسمح بتفجر هذه المساحيق ، وذلك ما يثبته على نحو عملي — تجربتي المؤلفان .

إن أهمية كتاب النار التاريخية (ذي الأصول العربية) تعود إلى نشره تقنية المتفجرات في أوربا ويدعم ذلك ما كتب من كتب وما عرف من مخطوطات ألمانية وما خط من مقالات اسبانية وما علم من ترجمة إيطالية (عام ١٤٥٠ م) لهذا الكتاب ، وهي كلها تنقل نص هذا الكتاب وتبرز صيغه الواضحة البينة .

ثم انتقل المؤلفان بعد ذلك إلى عرض ما قام به الآخرون من تجارب على صيغ حديثة تتصل بمتفجرات مقصورة في أثرها على المدافع . ومن هنا كانت تجربة لاسن (Lassen) (بحسب النسب التالية : ٣٥ : ٣٥ : ٣٠) على شحنة مدفع تفجرت فقذفت بالكرة إلى أقل من عشرين متراً ، وتجربة ويليامس على شحنة مدفع مشابه لمدافع القرن الرابع عشر (بحسب صيغة هي أقرب ما تكون إلى صيغة كتاب النار (الثالثة عشرة) ولصيغة ألبرت الأكبر أي بالنسب التالية : ٦ : ١ : ٢) . فتولد عن ذلك (الخليط الجاف العناصر) احتراق لا انفجار معه ، فإذا رطب الخليط ازدادت سرعة قذف الكرة وقوي انفجار المدفع وقل إخفاق احتراقه ... إن بيكون والعرب لم يبحثوا في مثل هذه التجارب وإنما اقتصر بحثهم على كيفية توليد دوي ذي فرقعة ولهيب ذي وهج (أي على المتفجرات النارية) .

إذا كانت صيغ كتاب النار قد جربت وفضلت على صيغ الرماح فلأن كتاب النار يقول بتفجير المسحوق على خلاف الرماح ثم لأن صيغ كتاب النار أكثر أهمية في التاريخ الأوربي ولأن نسبة ما فيها من نترات البوتاسيوم أقل مما هي عليه لدى الرماح في صيغه

القريبة من صيغ نيوبولد (أي بحسب النسب التالية : ٢٠ : ٧ : ٣) علماً أن نسبة نترات البوتاسيوم تزداد كلما نقص حجم البندقية . (لصيغة الرماح النسب التالية : عشرة أجزاء من نترات البوتاسيوم ، جزء أو جزءان من الكبريت ، وجزءان أو ثلاثة أجزاء من الفحم أي أن نسبة نترات البوتاسيوم لتبلغ ٦٦ – ٧٢ ٪ بالمائة وهي قريبة في ذلك من نسبة الصيغ الحديثة) .

وبحسب تجربة قام بها المؤلفان استبان لهما أن دعوى هايم القائلة إن قوة الغلاف هي التي كانت تتيح لمسحوق كتاب النار توليد الفرقعة المدوية لا تؤيدها الوقائع في شيء قل أو كثر . وتبدو قيمة هذا الكتاب الاجرائية – العملية – التجريبية في اهتمامه بكيفية صنع فتيل المتفجر (على العكس من بيكون) . والاختلاف القائم بين علب المتفجرات النارية في كتاب النار ولدى بيكون إنما يرجع إلى إختلاف المواد التي صنعت منها ، فهي مصنوعة في كتاب النار من ورق البردي بينما هي مصنوعة لدى بيكون من ورق البرشمان . ثم إن كتاب النار ليعمد إلى تحديد أوصاف الصاروخ والمفرقعات النارية أبلغ التحديد وأوفاه (على خلاف بيكون الذي لم يقل في ذلك سوى إن المغلف يجب أن يكون بحجم الإبهام قدراً وشكلاً أي اسطوانياً ويشتمل على القليل من المادة المتفجرة) مبيناً بذلك طولها ومتانة جدرانها. كل ذلك ابتغاء إعطائها صفات ديناميكية– هوائية ولإطالة احتراق عمود المسحوق... فهو يقول في جملة ذلك إن على مغلفات المفرقع أن تكون أرق من أنابيب الصاروخ مما يتولد عنه أقوى التفجر وأطوله مدة ..). وهذه المفرقعات ذات الطيات المتعددة في مغلفاتها لهي شاهد آخر (بعد ذاك الشاهد المتصل بمادتها الورقية) على ما يدين به الأوربيون لتعاليم كتاب النار من فضل .

وقد تبين أن حل هايم لصيغة بيكون غير ناجح إذ أن المفرقع لم يحترق في سبع حالات من عشر ولم يتفجر في الحالات الثلاث الباقية . بل إن هذا المسحوق (بحسب نسب بيكون) لم يحترق بالنار ، إذا ما أخرج من مغلفه ، إلا بصعوبة على خلاف ما يحدثه مسحوق كتاب النار ، وهو لكثرة نسبة الفحم فيه يولد دخاناً أكثف وأدكن وأغزر مما يولده مسحوق صيغة كتاب النار وهو إلى ذلك كله يخلف وراءه من السخام قدراً أكبر مما يخلفه المسحوق المصنوع طبقاً لصيغة كتاب النار ، وذلك يعني أن مساحيق كتاب النار قد احترقت بأسرع وأتم من خليط بيكون – هايم مما يسقط معه إدعاء هايم الآنف الذكر والذي فندناه غير مرة ،

ومما يؤكد ذلك أبلغ التأكيد احتراق مساحيق كتاب النار في الهواء الطلق خلال فترات قصيرة لا تتعدى الثواني الخمس .

إن التجارب العشرين التي أجريت على صيغتي مساحيق كتاب النار كانت إيجابية في نتائجها إذ تولد عنها تفجر يلائم نسبها قوة وقدراً مع ما رافق ذلك من نار حمراء تضرب إلى البياض وذلك على شكل عمود وحيد مركزي المنطلق مستمر لا تقطع فيه ومع ما ترك ذلك الاحتراق من قليل سُخام وما أفضى إليه من نزر دخان .

إن فرقعة صيغ كتاب النار لتبدو ضعيفة إذا ما قيست إلى الصيغ الحديثة وقوية إذا ما ووزنت بالصيغ القديمة (صيغ بيكون ـــ هايم) . وينجم عن هذه التجارب التي أجريت على المسحوق المصنوع بحسب صيغة بيكون ـــ هايم (أو بحسب تفسير هايم لصيغة بيكون) أن هذا المسحوق ليس على مستوى الدعاوى التي اصطنعت له غالباً والتي أحاطت اسمه بهالة من الإكبار ، إلاّ أن الشك يحوم اليوم حول مدى صحة تفسير هايم لها وحول مسألة من منهما يشغل ـــ خطأ وظلماً ـــ هذه المكانة الكبرى في تاريخ الكيمياء . فإذا ما اعتمدنا تفسير نيوبولد الجديد لها اتضح أن ما تفضي إليه من نتيجة ليس بأحسن مما تؤديه صيغة كتاب النار ، ومن ثم يميل المؤلفان إلى الاعتقاد الجازم أن المعارف العربية أقرب إلى اليقين من تلك وأبلغ اساساً . إلا أن ذلك لا ينطبق على هذه الصيغ إلا في مجال محدود هو مجال المفرقعات النارية وحسب ، مما يتبين معه أن تفوق مساحيق كتاب النار في تفجرها الواضح على مساحيق بيكون ـــ هايم بحسب تفسير نيوبولد لم يبدُ إلا في هذا المجال دون غيره من المجالات التي تتصل بتفجر هذه المساحيق في المدافع . وقد تبين أيضاً أن ما لم يحترق من هذه الشحنات في المدفع تفجر أوفى التفجر عندما أعيد حشوه في مفرقع ورقي . وهذه التجارب لحرية أن تفسر الفترة التي سجلها تاريخ المتفجرات بين التحقق من أن بعض خلائط المسحوق قمينة أن تنفجر والاستعمال الفعلي لهذه الخلائط في المدافع . إلا أن إخفاق هذه الصيغ العربية في تفجرها في المدافع لا ينقص من قيمتها التفجرية ـــ النارية شيئاً ، ذلك بأن أول بينة قاطعة على وجود المدافع لم تكتشف إلا في القرن الرابع عشر . ثم إن لغلاف هذه المتفجرات ، وهو ذو أثر في تفجرها واحتراقها ، دوراً في نجاحها واخفاقها ، وقد عُلِم ان مادة هذا الغلاف ـــ أي الورق ـــ لم تكن شائعة رخيصة في الدول المسيحية في زمن بيكون مما يدلنا على أن ما ساقه بيكون من ملاحظة في هذا الصدد ليس ينبغي أن

يعد تقريراً شاملاً لكل ما كان يحدث من تطورات في أمكنة أخرى من العالم ، إذ أن الورق كان يستعمل في الإسلام على نطاق واسع وسيع وكان رخيصاً أيّ رخص . فإذا كانت المتفجرات الأولى تحترق في الورق بأفضل من احتراقها في المعادن فذلك يعزز احتمال قول من يقول إن فضل اكتشافها إنما يعود إلى الكيماويين العرب ويضعف الاحتمال الآخر القائل بامكان رجع الفضل فيها إلى الأوربيين .

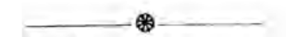
إن المؤلفين يريان ، على ظن منهما ، أن ليس لمادة المغلف أهمية كبرى، فإذا كانت الأخرى ، وهما لم يخبرا مسحوق بيكون في ورق البرشمان لتعذر الحصول عليه ، فإن النتائج التي توصلا اليهما قد يعتورها بعض التغير .

من بعد أن استعرض المؤلفان هذه الأمور جميعاً من حيث الموازنة والمقايسة والاختبار لم يحجما عن القول إن دور بيكون في تاريخ كيمياء المتفجرات ليس له من الأهمية القدر الذي نال ؛ فما كتب من شيء لم يسبق صيغ كتاب النار ، ثم إن الرموز (الشفرة) التي كتب بها لم تفسر إلا في القرن العشرين ، بل إن التفسير هذا لباعث على الشك فيه ويرجع هذا الشك إلى ما يعيب التفسير من نقص وعدم شمول لجميع أجزاء الصيغة الملغزة . ثم إن قول بيكون : إن استعمال المتفجر في ألعاب الأطفال كان معروفاً من قبل على نطاق واسع في بلاد اخرى لدليل على أنه لم يكُ في ذلك مبتدعاً ولا سبّاقاً. وليس هناك، فضلاً عن ذلك ، من دليل أو دلالة على أن معاصريه كانوا يعرفون نسبه ليصطنعوها في متفجراتهم (كما هو شأن صيغ كتاب النار) . ولا ننسَ بعد ذلك كله أن كتبه لم تطلعنا في شيء على النحو الذي ينبغي اتباعه لتنقية نترات البوتاسيوم كما فعل كتاب النار العربي بأبلغ بيـــان وأفصح عبارة. ويتوج كل أولئك المآخذ إخفاق صيغة مسحوق بيـــكون – هايم من الناحية العملية وهي أبلغ محك لصحة مسحوق ما أو لفساده .

إن مخطوط كتاب النار نتاج بين وأثر واضح للمصادر والتقاليد العربية في مجالي العلم والعمل ، وهو محصلة لعنصرين أساسيين في صنع مسحوق المتفجرات وهما الورق والمناخ المناسب (على أنه ينبغي لنا ألا ننسى في كل ذلك عنصر المعرفة وأسسها النظرية) ، وكلا هذين العنصرين موفور في البلاد الاسلامية . حتى إن بارتنغتون على غلوائه في التعصب لبيكون(ومؤلفا الدفاع عن كتاب النار يرجعان هذا التعصب لديه ولدى هايم إلى ما يربطهما ببيكون من رابط الوطن، كما كان شأن غوتمان الألماني تلقاء شفارتس ابن وطنه) وبخس حق العرب في

هذا الشأن إنتهى إلى القول في احتمال أن تكون نترات البوتاسيوم اكتشافاً عربياً وهو لم يكتف بذلك بل قال إن التفاصيل المتعلقة بتركيب فتيل المفرقعات قد وجدت في مصادر عربية في حين خلت مصنفات بيكون منها خلواً تاماً . وهناك بينات صورية تشير إلى الارتباط الوثيق بين الشعوب العربية والاصطناع الأول للمدافع في أوربا (فزي الرجل الذي يشغل الصاروخ في كتاب فون إيشتات الألماني "Bellifortis" والمصنف قبل عام ١٤٠٤ عربي ، وسحنة الرجل المفجر للمدفع في مخطوطة Milimete سمراء داكنة) .

كل ذلك يبين بما لا يدع مجالاً لأدنى شك أن دور الكيمياء العربية في الريادة العلمية وفي نقل معرفة المتفجرات إلى أوربا الغربية كان أساسياً وجوهرياً وأن من يبخس العرب حقهم في ذلك إنما يتنكب عن سواء السبيل .



تداول المخطوطات الطبية العربية واستعمالها في اسبانيا خلال القرن السادس عشر

لويس غارسيا ــ باليستر

إن من الملامح المميزة لاسبانيا خلال القرن السادس عشر كبر عدد السكان الذين كانوا يتكلمون العربية والذين كانوا يعيشون جنباً الى جنب ــ في سلم أحياناً وفي حرب أحياناً أخرى ــ مع أغلبية لم تكن لغتها بعربية ــ وكلتا الطائفتين (الأغلبية المسيحية والأقليات ذات الأصل المسلم أو اليهودي) كانت تشكل جماعة ثقافية بالغة الاختلاف ، وذلك ينطبق بخاصة على المسلمين أو الذين هم من أصل إسلامي . ويمكن القول ، نظرياً على الأقل ، إنه ما من شك أن عدد المخطوطات الطبية العربية الذي كان موجوداً في اسبانيا في القرن السادس عشر كان كثيراً بين الكثرة .

يشتمل هذا البحث على ثلاثة أجزاء : ١ ــ الأدب الطبي العربي والنزعة الإنسانية

الطبية . ٢ ـ المخطوطات العربية الطبية مصدراً للمعرفة الطبية . ٣ ـ العوامل التي عاقت أو أخرت تداول هذه المخطوطات .

١ ـ الأدب الطبي العربي والنزعة الإنسانية الطبية

تبرز ضمن الحركة الإجمالية للنزعة الإنسانية الطبية في إسبانيا خلال القرن السادس عشر ثلاثة موضوعات ذات شأن فيما يتصل بالمخطوطات الطبية العربية :

آ ـ ما اعطاه اللسان العربي للمخطوطات المتداولة في مطلع القرن السادس عشر في اسبانيا والبرتغال من قرب المتناول . فكان بذلك مستودعاً لمصنفات المدرسة الطبية العربية الكلاسيكية . وكانت هذه المصنفات لا تزال تشكل قلب علم الأمراض الطبي كما كان يمُارس ويُعلم في كليات الطب . وقد كانت « الجالينوسية المعربة » في اسبانيا تتضمن أكثر بقليل من مجرد تعليق مدرسي على « قانون » ابن سينا كما جاء في ترجمته الى لاتينية القرون الوسطى . ذلك أن هذا النص المترجم ، إذا ما قيس إلى أصله العربي ، بدا غير مفهوم في غالب الأحيان . وإن الرجوع إلى هذه المصادر العربية في أصلها لم يؤد إلى فهم أفضل للمحتوى فحسب ، بل إلى دقة أكبر وإغناء للمعرفة الطبية نفسها . ومن هنا جاءت النصيحة التي كان يسديها كليناردز (حوالي عام ١٥٣٧) ، تلميذ إراسم ، إلى الأطباء الاسبانيين والبرتغاليين بتعلم العربية ، وقد اتبعها هو أول المتبعين عندما قدم اسبانيا حوالي عام ١٥٣٠ ليتعلم العربية. ولكن الجالينوسيين الإسبانيين كانوا عاجزين عن إعادة صياغة آرائهم عن ابن سينا انطلاقاً من اتصال مباشر بابن سينا نفسه . وكان يوجد في جنب هؤلاء الأطباء من كان يتقن العربية ويستطيع قراءة المصادر العربية في أصولها . وكان ذلك على سبيل المثال شأن الأطباء المرتدين إلى اليهودية والذين كانوا يعيشون على الأغلب في طليطلة . إن أطباء سلمنكا ـ الذين كانوا يعرفون من العربية الشيء القليل أولا يعرفون منها شيئاً ـ وأطباء طليطلة ـ الذين كانوا يعرفون الشيء الكثير منها ـ كانوا مشبعين جميعاً « بجالينوسية معربة » طبقاً لتقليد يرجع إلى القرون الوسطى والذي عفاه الزمان ففقد بذلك كل بعد أو مستقبل تاريخي .

ب ـ وثاني هذه الموضوعات البارزة فيما يتعلق بالمخطوطات الطبية العربية في اسبانيا هو الحركة الكلية للنزعة الانسانية الطبية نفسها . فابن سينا ، الذي يشكل تفنيده موضوع المقطع السابق ، كان يُعدُ والجالينوسية المعربة شيئاً واحداً ، هذه الجالينوسية التي قد ثبت

عقمها من قبل أوفى الثبوت وأبلغه . إلا أن هناك وجهاً آخر للامكان في هذه النقطة من التاريخ : وهي أن الإنضواء تحت لواء المدرسة الطبية الكلاسيكية لم يكن بزعامة هيبو قراط وجالينوس وحسب وإنما كان بزعامة ابن سينا أيضاً ولا سيما في قانونه. وقد كان من الممكن أن نطبق على « القانون » نفسه ، ابتغاء فهمه بشكل أتم ، فقه اللغة بصفته علماً مزدهراً ، وذلك في اللغتين العربية واليونانية على السواء . وهذا يعني ، بعبارة أخرى ، أنه سيكون من المفيد جداً أن ننقل « القانون » من العربية الى اللاتينية مباشرة . وقد قام بذلك في اسبانيا فيغويل خيرونيمو لديسما (المتوفى عام ١٥٤٧) ، وهو أستاذ في جامعة فالنسيا (بلنسية) ، وكان قد تلقى العلم في جامعة ألقلا ، وهي من أكثر مراكز النزعة الانسانية الطبية الاسبانية حيوية ، ولكنه ولد وعاش في فالنسيا (بلنسية) التي كان يتكلم عدد كبير من سكانها العربية . وقد نبذ لديسما الترجمة اللاتينية التي قام بها جرار الكرموني في القرن الثاني عشر واصطنع بدلاً منها الترجمة اللاتينية التي قام بها اندريا الياغو (في البندقية) والتي تستند إلى الأصل العربي استناداً مباشراً . وكانت نقطة انطلاقه مخطوطة قديمة بالعربية لابن سينا ترجع إليه نفسه ، وهي ذات محتوى يختلف بعض الاختلاف عن الترجمة المنشورة . ولم يستطع لديسما ، لسوء الحظ ، أن ينجز عمله فهو لم يكد ينتهي من تصحيح الفصول الأولى منه حتى باغتته المنية .

جـ — أما الموضوع الثالث الناجم عن العلاقة المعقدة القائمة بين النزعة الانسانية الطبية والمخطوطات الطبية العربية في اسبانيا فيتعلق بما تقدمه هذه المخطوطات لمن يود استعادة الأصول الطبية اليونانية نفسها من امكان . فبعض الإنسانيين ، كمثل كلينارد ، الذين كانوا يعرفون اليونانية والعربية على حد سواء ، كانوا على بينة من حقيقتين هما القدم البالغ للمخطوطات العربية ومطابقتها الواضحة للأصل اليوناني . ومن هنا كان بالامكان ، بل من الفائدة البالغة ، اصطناعها بغية إعادة صياغة مؤلفات هيبو قراط وجالينوس المفقودة أو لملء مقاطع معينة من المخطوطات اليونانية وإجلائها بعد إذ غمضت بالإنتقال . إلا أن كليناردلم يستطع ، لسوء الحظ ، أن ينجز مخططه ولم تبلغ خطته النتيجة المرجوة لها .

٢ — المخطوطات الطبية العربية مصدراً للمعرفة الطبية :

إن محتوى المخطوطات الطبية العربية في اسبانيا كان يتمتع طوال القرن السادس عشر بقدر كبير من الإكبار والإجلال . وكان هناك في الوقت نفسه ، وحتى الثلث الأخير

من هذا القرن ، رجوع مباشر إلى المصادر الطبية العربية المخطوطة ، لما في ذلك من كبير نفع يعود على ممارسة الطب من الوجهة العملية . وقد كان استخدام المخطوط الطبي العربي ، بصفته شيئاً ما أكثر من مجرد أثر تاريخي أي بصفته مصدراً حياً للمعرفة الطبية ، يميز العالم غير الأكاديمي للأقلية المسلمة في الأندلس . ولكن علينا أن نلاحظ أن المخطوطات العربية لم تكن تتعدى إذ ذاك حدود الاستعمال ، أي أنها « لا تزال تُستعمل » ولا شيء أكثر من ذلك . فهي لم تكن تعكس أي عمل جديد مبدع ، وما كان الأطباء الإسبانيون في القرن السادس عشر والناطقون بالعربية ليتخذوا هذه اللغة وسيلة لتدوين خبرتهم السريرية (للمرضى) .

٣ ــ العوامل التي عاقت أو أخرت تداول المخطوطات الطبية العربية :

إنه لمن الأهمية بمكان أن نعالج مشكاة الأسباب التي أدت إلى اعتياق تداول المخطوطات الطبية العربية في اسبانيا في القرن السادس عشر بل وإلى انقطاعه . وعلينا ألا ننسى أنا نخطط ههنا لعملية معقدة من حيث بنيانها وبعدها الزماني . ذلك أن تداول هذه المخطوطات قد انبت حبله وتوقف توقفاً تاماً ، على نحو عملي ، في العقدين الأخيرين من هذا القرن . ويمكننا أن ندرج لذلك الأسباب التالية :

آ ــ إن الطائفة المسيحية الغالبة كانت تعوق على نحو متعمد ، بما لديها من ثقل كبير ، كل مظهر من مظاهر ثقافة الأقلية المسلمة ، وذلك ما أفضى إلى إهمال هذه الثقافة . وكانت تحول ، في الوقت نفسه ، بين هؤلاء المسلمين (الاسبانيين في الأندلس) وأجهزة السلطة كالكنيسة والحكومة والجامعة . وقد قامت الكنيسة والدولة في خلال القرن السادس عشر بحملة كانتا تبغيان منها اجتزاز آخر معالم هوية السكان المسلمين القدامى . وبلغت هذه الحملة أوجها في طرد هؤلاء من كل بقعة من بقاع اسبانيا في عام ١٦٠٩ . ومن الواضح أن اللغة عنصر من العناصر التي تعزز أكثر ما تعزز تميز جماعة ما بثقافة مختلفة عن غيرها من الثقافات ، وكان ذلك حال اللغة العربية في هذا الشأن .

ب ــ ومن هذه الأسباب أيضاً الزوال المفاجىء للأقلية اليهودية ذات الشأن والتي لم تقبل اعتناق المسيحية قسراً فطردوا من اسبانيا عام ١٤٩٢ . ولكن دورهم في المجتمع كان قد تقلص من قبل ومنذ القرن الرابع عشر وما زال يتقلص على نحو متزايد ــ مثلهم في ذلك كمثل الأقلية المسلمة ذات العدد الأكبر ــ حتى غدا ثانوياً لا يعبأ به . إن الأقلية اليهودية ــ وكان بعض أفرادها يتحدرون من أصل اسباني ــ كانت تحتفظ باللغة العربية

حية في إيطاليا (البندقية) خلال النصف الأول من القرن السادس عشر ، وذلك بصفتها اللغة التي تنتقل بها المعارف الطبية .

ج — وهناك نقطة أخرى تتجلى في أن المخطوط العربي لم يكن في مقدوره أن يقاوم ضغط الطباعة التي كانت تغمر السوق بنصوص المؤلفين العرب منقولة إلى اللاتينية القديمة أو بنصوص المؤلفين اليونانيين مترجمة إلى اللاتينية الحديثة بل وحتى بالنصوص اليونانية نفسها . ولم يكن في مكنة المصادر الطبية العربية في الواقع ، ومن جراء ذلك ، أن تصل إلى الطباعة . فهي بذلك قد لقيت مصير المخطوطات غير الأكاديمية بمعنى مزدوج وذلك إما أنها كانت تتداول على نحو شبه سري أو كانت تُعد شاهداً على ماضٍ تاريخي وحسب، فتبعد بذلك من المكتبات الكبرى التي أسسها الإنسانيون بحيث إنه ما من مؤلف طبي أو علمي عربي قد نُشر في اسبانيا خلال القرن السادس عشر .

د — أما السبب الرابع المحتمل فقد نظرنا فيه من قبل من وجهة نظر أخرى . فالحقيقة أن اللغة العربية لم ترد في منهاج الانسانيين الطبيين الذين كانوا يسعون إلى إعادة صياغة الطب القديم ، وإن كان بعضهم يعد أفضل ما في الطب العربي من شيء جزءاً من تراثهم الخاص . ذلك أن التوكيد كله قد انصبّ على محاولة النزعة الانسانية الطبية قطع صلاتها بالطب في القرون الوسطى ، لكن واقع الأمر كان أكثر تعقيداً . إذ كان هناك أيضاً تيار من الرأي يعمل على قبول الطب العربي والارتباط به أو الرجوع إليه . وكان يشكل قانون ابن سينا جزءاً من هذا التقليد الذي حاول الانسانيون أن يتخذوه أساساً لهم وأن يدخلوا عليه في الوقت نفسه بعضاً من الاصلاح والتحسين. ومن هنا جاءت جهودهم الرامية إلى ترجمات لاتينية جديدة عن العربية . وذلك يعني أن لغة الجامعات الغربية قد سادت جنباً إلى جنب مع جالينوسية إنسانية كانت تُعنى عناية كبرى بهيبوقراط وتهمل أكبر ما يكون الإهمال المؤلفين العرب ، حتى عندما كانت تترجم لهؤلاء ترجمة مباشرة من العربية إلى اللاتينية .

هـ — إذا كان الانسانيون يجدون في طلب الأدب الطبي العربي وتجميعه فإن ذلك يرجع إلى وجهات نظر ومقاصد جد مختلفة. فمن الواضح بين الوضوح أن الرسالة (المقالة) الطبية العربية قد أضحت في المنتصف الثاني من القرن السادس عشر في نظر العالم الإنساني والأرستقراطي ذي المعتقد المسيحي شيئاً ذا قيمة في ذات نفسه ، إذ كان يبحث عنها وتدخر لا لشيء إلا لأنها كانت « قديمة » . وقد كان ذلك جزءاً من عملية تاريخية يمكن تتبعها بوضوح

من طريق المخطوطات وكانت تشتمل على كل ذي قيمة في الماضي . وبذلك نرى أن هذا الشغف الكبير بتجميع المخطوطات الطبية العربية لدى الإنسانيين في هذه الفترة من القرن السادس عشر كان يكشف عن الآلام التي صاحبت موت التقاليد الطبية العربية . هذه التقاليد التي غدت لا تصطنعها الدوائر الطبية والعلمية المسيحية في المنتصف الثاني من القرن السادس عشر في أي قصد نافع . إن المخطوط العربي قد أودع الصناديق المقفلة في المكتبات الكبرى فلم يجد طريقه إلى الطباعة قط ولم يرَ بذلك من سبيل إلى التداول . ويمكن أن نضرب على ذلك مثال تكوين نواة المجموعة الطبية العربية ، في خلال القرن السادس عشر ، في المكتبة الكبرى للاسكوريال والتي أسسها فيليب الثاني .

وعلى الرغم من الطبعة العربية للقانون لابن سينا والمنشورة في روما عام ١٥٩٣ فإن اللغة العربية بصفتها أداة نقل للعلم الطبي قد زالت زوالاً تاماً من أوربا الغربية خلال القرن السادس عشر . فإذا كانت لا تزال تصطنع في منتصف هذا القرن فبصفتها أداة لا يزال اصطناعها ممكناً . إلا أنها لم يكن في مكنتها بعدُ أن تستعمل إذ ذاك وسيلة لنقل المعارف (ليس لدينا سجل بالمخطوطات المنسوخة أو المطبوعة على نحو نظامي في هذه الفترة) ، ولم تكن تعد لغة الإبداع في أي من فروع الأدب الطبي التي كانت شائعة آنئذ . ثم إن للوضع الاجتماعي الجائر الذي كانت تعاني منه أكثر المعاناة الأقليات التي تصطنع العربية لغة لها في اسبانيا أهمية حاسمة في إجهاض أية محاولة كان يمكن أن يستغلوها فيبينوا بها عن طريق جديدة تسير بالطب في القرنين الخامس عشر والسادس عشر إلى الأمام . وهو الطب المستند إلى المصادر الطبية العربية نفسها أو الذي كان يُعمل العربية أداة تعبير له .

التطور المبكر للتنجيم في الأندلس

خوليو سمسو

يقول المقري في عرضه لتطور مختلف فروع المعرفة في الأندلس ، مستشهداً في ذلك بابن سعيد المغربي ، إن العلوم جميعاً كانت تحظى بأعلى المكانة والقدر ما خلا الفلسفة والتنجيم فقد كانا موضع اهتمام الارستوقراطيين وحسب في حين تخافهما العامة وتعد من يعمل في التنجيم ويقرأ الفلسفة زنديقاً يرجم فيقتل ، بل كان السلطان يأمر برجمه حتى الموت تقرباً من العامة أو يأمر باحراق كتب الفلسفة والتنجيم .. كما فعل المنصور بن أبي عامر مرضاة لرعاياه وإن ظل في السر يرعى هذه العلوم ...

وفي ذلك تبيان لما كانت عليه مكانة التنجيم ، علماً وممارسة ، في المجتمع الأندلسي حتى نهاية الخلافة عام ١٠٣١ م من قدر ، فقد بلغ « علم » التنجيم إذ ذاك درجة عالية من التطور بعد إذ قطع شوطاً بعيداً من التقدم منذ طويل وقت . وما وردنا من عديد الوثائق التاريخية في هذا الشأن عن نشاط المنجمين في بلاط الأمراء الأمويين منذ القرن الثاني للهجرة (القرن الثامن الميلادي) لأكبر شاهد على ذلك .

إن مكانة المنجمين لدى الطبقات الحاكمة قد كانت عالية ؛ فلكل بلاط منجم رسمي منذ وقت الحكم الأول (٧٩٦–٨٢٢). ومن الأمور المعروفة في هذا الشأن صلة الأمير هشام الأول بالمنجم الضبي الذي طلب منه الأمير التنبؤ بمصير ملكه وإن يكن يدعي انه لم يكن يثق بجوابه ونبوءاته قائلاً إن ذاك من غيب الله الذي استأثر به ، ذلك بأنه صدق الضبي عندما تنبأ له بأن ملكه سيدوم ثماني سنوات فوقف بقية حياته على عبادة الله وعمل الخير قائلاً : (النذير كلمني بلسانك) . ويحكى أيضاً أن الأمير عبد الرحمن الثاني سأل منجمه وشاعره ابن الشمير عن الباب الذي سيخرج منه فنظر المنجم في طالعه ودوّن ملاحظاته في ورقة وضعها في ظرف وختمه ، فأمر عبد الرحمن بشق باب في الجدار الغربي للغرفة وخرج منه ولما نظر في جواب المنجم رأى أن هذا قد تنبأ بما فعله .

ومن غريب الأمر أن يقص علينا نظامي عروضي سمرقندي القصة نفسها فيما بعد بعد أن ينسبها إلى البيروني ومحمود الغزنوي .

إن للمؤرخين والمنجمين أكبر القيمة وأعلى المكانة في المجتمع ولم يكن دورهم مقتصراً

على البلاط وحده ، بل كان اهتمامهم يدور حول الظاهرات السماوية والفواجع الطبعية، فقد لفت انتباههم الخسوف الكلي للقمر وظهور نجم كبير في السماء يتحرك شمالاً ، كما أن أنظار المنجمين المحترفين كانت متجهة نحو اقتران زحل بالمشتري وما تضمنه من تغير في المثلثة (دائرة البروج) ، لأن هذا الاقتران قد بدأ ببرج النار واستمر في برج الأرض وهذا البرج الأخير إن هو إلا صاحب قرطبة . ولهذا الاقتران تفسيرات عدة إلا أنها جميعاً متفقة على أنه أمارة على نهاية الخلافة (في قرطبة) وبداية الفتنة. ويعود أحد هذه التفاسير إلى المنجم الكبير مسلمة المجريطي الذي تنبأ بتغير السلالة وبالدمار والمذابح والمجاعة. وقد جاء في كتاب ألفونس « كتاب الصلبان » تفسير آخر مفاده أن الإنذار السماوي إنما يعني نهاية زعامة العرب في اسبانيا والزمن الذي ينتقل فيه دورهم إلى الغربيين والبرابرة والمسيحيين .

إن أهمية المنجمين البالغة في بلاط بني امية قد استدعت حسد الفقهاء والشعراء الذين كانوا يخشون منهم على نفوذهم في الدوائر الرسمية العليا. فالفقيه يحيى بن يحيى كثيراً ما كان يهاجم الشعراء المنجمين الذين يحيطون بعبد الرحمن الثاني . وهناك قصائد شعرية تهاجم المعتقدات التنجيمية، وهي تبين أنه غالباً ما يصاحب الاتجاه المعادي للتنجيم اتجاه غير علمي (من ذلك هجوم ابن عبد ربه على الاعتقاد بتأثير الكواكب في الارض وهجومه على كروية الكون والأرض وعلى الحقيقة القائلة إن الأرض يمكن عدها نقطة في وسط الفضاء وإن الصيف في نصف الكرة الجنوبي يلائم شتاء نصف الكرة الشمالي والعكس بالعكس) . وسيصطنع هذا الضرب من الحجج في القرن الثالث عشر المجادل والمناظر الديني السكوني (في « عيون المناظرات » و« لحن العوام فيما يتعلق بعلم الكلام ») ، وهو يعد التنبؤات المستندة إلى الاقترانات الكوكبية والولادات بل حتى التنبؤات البسيطة المتصلة بالطقس والمستندة إلى نظام الأنواء (والتي يعدها تنجيمية) مخالفة للعقيدة الاسلامية، وهو يتخذ القرآن له مستنداً في ذلك حيث يقول: « مد الأرض» فهي إذن منبسطة لا كروية. والخلط بين التنجيم والفلك باد في أبيات ابن عبد ربه حيث يعد الجداول الفلكية أموراً تنجيمية . وهنا نواجه مشكلة تداول بعض الأعمال التنجيمية والفلكية في الأندلس في النصف الأول من القرن العاشر. فإذا كان زيج السندهند للخوارزمي معروفاً في الأندلس ولا إشكال في معرفته، فإنه يشك في معرفة زيج الأركند وبخاصة إذا علمنا أن الفلكي صاعد الطليطلي كان يتحدث عنه بعد قرن من ذلك الزمان نقلا عن مرجع ثانوي .

ومن أهم المصادر الأدبية لدراسة الأدب التنجيمي والفلكي كتب ابن جاجل في القرن العاشر وصاعد في القرن الحادي عشر وكلاهما يعرف كتاب الألوف لأبي معشر. أما صاعد فيعرف أيضاً مذاكرات شاذان وقطوف فيتيوس فالينس إلا أن هذه الكتب لم تكن أول ما قرىء من كتب تنجيمية في الأندلس. فقد تبين لحوان فرنت أن الاصل العربي للترجمة الاسبانية-الالفونسية «لكتاب الصلبان» يستند إلى ترجمة عن مؤلف تنجيمي معروف في الأندلس في نهاية القرن الثامن الميلادي أو مطلع القرن التاسع وأن هذا الأمر ليشكل حلقة اخرى تضاف إلى السلسلة الطويلة للروابط التي كانت قائمة بين الثقافة اللاتينية — الايزيدورية والثقافة العربية في الأندلس. وإنا لنلحظ هذه العلاقة وثيقة بين النصوص العربية والقشتالية على الرغم من أن هذه النصوص القشتالية تبدو شرحاً وتوسيعاً للنصوص العربية أكثر منها ترجمة لها.

فإذا علمنا أن «كتاب الصلبان» كان اول كتاب تنجيمي استخدم في الأندلس وجب علينا تبيان الخطوط الرئيسة لتاريخ هذا الكتاب أي المراحل التي مر بها تطوره. وهذه المراحل الثلاث هي:

١ — الأصل اللاتيني المجهول تماماً.

٢ — الترجمة العربية الأولى للكتاب كله أو بعضه ويرجع تاريخها إلى نهاية القرن الثامن. (ومن بين فصول هذا الكتاب ما نظمه المنجم عبد الواحد بن اسحق الضبي في زمن الحكم الأول شعراً أو رجزاً وهي فصول (٥٧، ٦٠، ٦١، ٦٢) تعالج التنبؤ بالمطر والقحط وآثارهما في الزراعة والأسعار والنباتات والمرض ...). والتقنية المصطنعة في مثل هذه التنبؤات سهلة جداً وتلائم أبلغ التلاؤم نظاماً تنجيمياً بدائياً جداً إذ لم يُراعَ فيها إلا موضع زحل والمشتري في المثلثات البروجية الأربع (الهواء والماء والأرض والنار)، وهي تدرس وجود هذه الكواكب في المثلثة نفسها أو في مثلثة أخرى مختلفة. فالكتاب لم يأخذ في الحسبان في هذه الفصول إلا البروج (رموزها) والمثلثات، اما البيوت والهيئات التنجيمية التي تتضمن درجة أعلى من التعقيد في تقنية التنبؤ فقد استخدمت في فصول اخرى من الكتاب. وهناك فصول استعمل فيها النظامان وذكر فيها كواكب أخرى فضلاً عن زحل والمشتري. إلا أن الكتاب لا يعدم محاولة للتقريب والتوحيد بين البروج والبيوت بحيث يمكن القول إن هذا الكتاب يرى (مخالفاً في ذلك التنجيم اليوناني والشرقي) أن بدايات البيوت تتفق بالضرورة مع بدايات البروج.

إن الفصول الأولى من هذا الكتاب أكثرها بساطة وبدائية (ومن مظاهر ذلك استخدامها (رموز) البروج عوضاً من البيوت أو مقترنة بها) . وإذا علمنا أن مادتها وان الفصول التي احتفظ بنصها العربي إنما تعالج تنبؤات متصلة بالمطر والقحط والأسعار أمكن القول إن النص الأولي لهذا الكتاب إن هو إلا ضرب من كتاب الأمطار والأسعار (وهو العنوان الذي أطلقه المنجم المغربي ابن البقار (في القرن الخامس عشر) على مقتبساته من « كتاب الصلبان » العربي وإن كان سمّى ما نظمه الضبي رجزاً من ذلك بالأحكام على احداث الجو وأحوال الملوك) ، مما يبعث على الظن أن الطبعة الأولى للكتاب تعالج مشكلات التنجيم السياسي التي تشكل معظم النص الألفونسي .

وتطالعنا الفصول الأخرى بتقنيات تنجيمية معقدة فقد أقيمت الطوالع بحسب موضع الكواكب العلوية أو الدراري الثقال اي الكواكب الخارجية (زحل والمشتري والمريخ) والشمس وقد نظر أحياناً في نقاط تقاطع المدارين القائمة والساقطة (الصاعدة والنازلة) وفي عطارد والقمر. وهذا الكوكب يستخدم عادة لتبيان اللحظة الدقيقة التي يحدث فيها حادث ما وله أهمية بالغة في اختيار أنسب الأوقات للبدء بالحملات العسكرية .

يمكن القول إن ما جاء في كتاب الصلبان من قواعد قد طبقها منجمو بلاط المنصور بن أبي عامر وظلت تذكرها شمالي افريقيا طويلاً . والهيئات المدروسة هي الهيئات المعتادة في التنجيم اليوناني (الاقتران، المقابلة، بعد الكواكب عن بعضها بربع دائرة(تربيع) أو بـ ١٢٠ درجة(تثليث)) وهي هيئات التقليد الايزيدوري وقد أضيف إليها كلمة أخرى هي الاحتراق وهذا المصطلح يعني غير معناه التنجيمي المعروف : إذ يحدث الاحتراق عندما تكون الكواكب المدروسة كلها أو معظمها إما في المثلثات النارية أو الهوائية أو في المثلثات المائية أو الأرضية أو هو يحدث ، بحسب نص آخر ، عندما تكون الكواكب العلوية الأربعة جميعاً في البرج نفسه أو مبعثرة في المثلثة نفسها . وهذه الكواكب الأربعة هي : زحل والمشتري والمريخ والشمس .

٣ ــ هناك طبعة جديدة للنص العربي في منتهى القرن الحادي عشر .

وترى الترجمة الألفونسية أن مؤلف الكتاب هو كويد الله الصابيء (وهو نفسه ابو مروان عبيد الله بن خلف الاستيجي وقد عاش في زمن القاضي صاعد الطليطلي وراسله) . إن القراءة المتأنية للكتاب تبين بوضوح طابعه المغربي بل الأندلسي ، ومما يدل على ذلك

ما جاء في النص من صريح الإشارة إلى أن بيت الحياة هو برج الجوزاء لأهل الأندلس . والحقيقة أن البيوت لم تذكر إلا في النص العربي (دون القشتالي) حيث بداية البيوت تناسب بداية البروج (الرموز) . وذلك ما يحمل على القول إن منقح الكتاب منجم أندلسي عاش في النصف الثاني من القرن الحادي عشر أو النصف الأول من القرن الثاني عشر . وهذا ما يؤكد صحة تحقيق شخصية عويد الله الصابىء . وإن تصنيف عويد الله للشعوب في الفصل الثاني من كتاب الصليان يشبه تصنيف صاعد في « طبقات الأمم » مما يظن معه أن هذا الكتاب إن هو إلا مصدر من مصادر عويد الله لهذا الفصل، وهو الكتاب الذي تلقاه من صاعد تلقاء كتابه « مطارح الشعاعات » الذي أرسل به إليه .

إذا ما تساءلنا عما فعله عبيد الله للنص الأولي لكتاب الصلب ، قلنا إنه إنما شرحه وأعاد صياغته وأخرجه على النحو الذي هو عليه الآن . ويرى عبيد الله أن المزية الرئيسة لنظام الصلوب لتكمن في دراسته لمواقع الكواكب في لحظة ما معينة دون رجوعه إلى تاريخ أسبق (التاريخ الأصلي للاقتران الأولي العظيم في حال التنجيم العالمي أو تاريخ ميلاد الشخص وساعته في حال طالع الولادة) . هذا النظام سليم على الرغم من أن عبيد الله يرى أن التنبؤات المستندة إليه يجب أن يثبتها ويعززها استخدام المناهج « الشرقية » . ويبدو أيضاً أن التعديل الذي أدخله عبيد الله على النص الأولي للكتاب ليس سوى التوضيح أو التفسير المنهجي للنذر الغامضة .

إن النص الألفونسي يبين بوضوح في معظم الأحوال تأثر الملك والشعب والبلد بنبوءة ما ، وهذا ما لم يظهر في الطبعة الأولى المنقحة من الكتاب . وهناك مقطع آخر في مقدمة الكتاب لعبيد الله يشير إلى المناهج التي كان يصطنعها الفلكيون الأندلسيون الأوائل من أجل حساب مواقع الكواكب قبل أن تدخل جداول التنجيم الشرقية إلى اسبانيا . فالتنبؤات التنجيمية يجب أن تستند إلى المواقع الصحيحة للكواكب وعليها أيضاً أن تنظر في مبادرة الاعتدالين أو تقدمهما . وهذه المواقع تثبت تبعاً لحركات الكواكب وتستخدم في ذلك قواعد شبيهة بقواعد فيتيوس فالينس التي تبين المواقع المتوسطة للكواكب الخارجية . وتشتمل معظم الفصول على قاعدة عامة (مع التنبؤ التنجيمي المناسب)، وشرحها (تبعاً لمبادىء فن الاقتران) يفضي إلى تعيين جميع الأحوال الممكنة التي يستطاع تطبيق القاعدة السابقة عليها . ويتبع هذه القاعدة العامة في النص العربي للفصل السادس من « كتاب

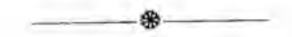
الصلبان » عشرون مثلاً عرضت فيها الكواكب الأربعة المدروسة (زحل والمشتري والمريخ والشمس) في الطوالع الرئيسة لكتاب الصلبان على نحو بياني .

وإن مقايسة نجريها بين هذا النص العربي والترجمة القشتالية الموسعة من شأنها أن تؤدي بنا إلى اقتراح مؤداه إمكان أن يمثل النص الاول (في بعض الأحوال) نص الكتاب نفسه قبل تعديل عبيد الله له أو تنقيحه .

ويستخلص مما تقدم أن تحليل هذا الكتاب قد يبين أجلى تبيين التقنيات التنجيمية التي كان يستعملها الفلكيون القدامى في شمالي افريقيا واسبانيا والذين لم يستخدموا دقائق التنجيم اليوناني والشرقي ، إذ كانت تنبؤاتهم تمثل مجموعة من التنبؤات الأولية يستند فيها التنبؤ إلى موضع زحل والمشتري في المثلثات المختلفة . ولا حاجة في مثل هذا الضرب من التنبؤ (تبعاً لأرجوزة الضبي) إلى معرفة الطالع (البرج) أو البيوت التنجيمية . فإذا ما ظهرت هذه الحاجة في فصول تشهد بتقنية أكثر تطوراً وتعقيداً كان ذلك التماثل التام بين البروج والبيوت أثراً باقياً يذكرنا بمرحلة كانت فيها بداية الطالع وبداية البيوت الأخرى تنطبقان على بدايات البروج . إن موضع الكواكب لم يثبت بأدنى درجة من الدقة ، وعندما تبدو الحاجة في الكتاب إلى مثل هذا الثبوت يمكن القول إن ذلك إنما يمثل إضافة ألحقها ألفونس بالنص . إن معرفة الطالع بحسب القواعد المثبتة في كتاب الصلبان لا تحتاج إلا إلى معرفة البرج الذي نستطيع أن نرى فيه زحل والمشتري والمريخ والقمر ، ويضاف إليها أحياناً معرفة النقاط القائمة والساقطة لتقاطع المدارين. كل هذا يجعلنا نتساءل عما إذا كان المنجمون الغوطيون الغربيون المتأخرون والأندلسيون في أول أمرهم يعرفون الجداول الفلكية (الكوكبية) المشابهة لتلك الجداول المعروفة من خلال النصوص اليونانية والمصرية (في العهد الروماني) وهي التي تسمح لنا بمجرد نظرة عجلى نلقيها عليها بتحديد البرج الذي يوجد فيه كوكب في لحظة ما . والملاحظة النقدية التي أبداها عبيد الله عن المنجمين الذي كانوا يقدرون الاقترانات بحسب المواقع الوسطى لا الحقيقية للكواكب تذكرنا بإحدى القواعد التي عرضها فالينس لذلك الغرض .

لا شك أن الجداول التنجيمية كان يصطنعها المنجمون ، كمثل ابن الشامر ، في النصف الأول من القرن التاسع ، إلا أنا لا نعرفها ولا نستطيع الجزم بـأن المعرفة التنجيمية في تلك الفترة المبكرة في الأندلس كانت كافية لتطبيقها على وجهها الصحيح . وهذه هي

الحال التي كان ينبغي لعبيد الله أن يواجهها عندما أعاد صياغة « كتاب الصلبان » في زمان بلغت فيه الأندلس عصرها الذهبي لا في التنجيم وحسب بل في معظم الفروع الثقافية الأخرى. لا جرم أن عبيد الله قد نقح الكتاب وشرح مقاطعه الغامضة وبسط ما جاء فيها مكثفاً وأضاف إليه قطوفاً لمؤلفين كبطليموس وهرمس وأبي معشر كان من المتعذر على المنجمين الأندلسيين في الماضي الوصول إليهم .



« في التاريخ المبكر للاسطرلاب العام الشامل لجميع العروض لدى الفلكيين الاسلاميين وأصل كلمة « شكازية » في اللغة العربية العلمية في القرون الوسطى »

ديفيد ا. كينج

هذا بحث في أصل اسم آلة فلكية كان يصطنعها الفلكيون الاسلاميون خلال القرون الوسطى . وهي الصفيحة الشكازية أو شبكة الزرقاله المؤلفة من شبكتين موضوعتين على صفيحة واحدة بحسب زاوية مساوية لانحراف (ميل) زاوية البروج . وهي بذلك صورة مبسطة عن الاسطرلاب العام الذي وضعه ابن خلف بن الأحمر الصيدلاني . واسطرلابه هذا كما عرف في القرن الثالث عشر إنما يحمل شبكة جزؤها نصف دائرة المنحنيات الشكازية وتدور على صفيحة شكازية . وذلك ما يمكننا من حل مشكلات علم الفلك الكروي فيما يتعلق بالعروض جميعاً، وهي مشكلات تتصل بتحويل الاحداثيات على الكرة السماوية . وقد اقترح الزرقاله عضادة مجهزة بمسطرة (بشريط) عمودية تحل محل شبكة اسطرلاب ابن خلف ، ويمكن استخدام الآلتين للغاية نفسها أي ابتغاء حل مشكلات علم الفلك الكروي الشامل لجميع العروض . وبما أن شبكة ابن خلف في اسطرلابه الشامل تحتوي على مسقط دائرة البروج والنجوم الثابتة فإن آلته لتفوق صفيحة الزرقاله وعضادته .

إذا لم يكن اسطرلاب ابن خلف معروفاً ، على ما يبدو ، خارج الأندلس ، فإن الصفيحتين

الشكازية (بما تنطوي عليه من صف واحد من العلامات الشكازية) والزرقالية (بما تنطوي عليه من صفين) كانتا معروفتين على أوسع نطاق ، وقد كتب فيهما وفي استخدامهما رسائل بالعربية والفارسية والتركية . إلا أنا لم نجد في واحدة من هذه الرسائل إشارة إلى أصل كلمة « شكازية » الملغزة . ويرى الأستاذ سامسو أن « شكاز » صفة تنسب إلى « قصار الجلود » في طليطلة في القرون الوسطى وإلى الحي الذي يقطنون . وكان يسمى منشىء الصفيحة الواحدة الحاملة لهذه الشبكة شكازاً وكانت تسمى صفيحته بالشكازية وربعه بالربع الشكازي . قد نعد مثل هذا الاشتقاق ممكناً ، فالشكازي ، تبعاً لنص قديم ، نسبة إلى الشكاز مخترع الشبكة أو الصفيحة وقد ذكره التجيبي مع الزرقاله وصفيحته دون أن يذكر عنه شيئاً يبين هويته . وقد يخلط الكاتب (كما فعل المنجم الحلبي البكلمشي في القرن الرابع عشر) بين الشكازي (الاسم) والآلة الشكازية .

وهناك مصادر أخرى تبين أن الشكازية إن هي إلا تحريف لكلمة أخرى وهي أبو — ابن الشجار الذي عارض الزرقاله في الصفيحة العامة لعروض البلدان والآفاق فعمد هذا إلى صنع صفيحة ذات شبكة معدلاً فيها صفيحته السابقة وكتب في ذلك رسالة في مائة فصل (٤٤٠ هـ) . أما المصدر الثاني لهذا البحث فنسخة من زيج ابن اسحاق التونسي (٨٠٠ هـ) (حيدر آباد) وهو مصدر لدراسة تاريخ الفلك في المغرب حيث يذكر الفلكيين ابن الشجار وابن وافد . ومصدره الثالث مخطوطة لرسالة في معرفة الوقت كتبها فلكي مصري غير معروف (٧٥٠ هـ) (لايدن) . والمؤلف يستشهد برواية سعيد الأندلسي في كتابيه « طبقات الأمم » و « طبقات الحكماء » حيث يذكر الفلكي ابن خلف بن اخير الصيدلاني والزرقاله ويبين أن الزرقاله كتب رسالة في مائة فصل عن آلة تسمى بالزرقالية كان اخترعها عام ٤٤٠ هـ ، وان ابن خلف السحاوي قد صنع للمأمون (أمير طليطلة) اسطرلاباً مأمونياً ذا أفق شامل . قد يقال إن اسم السحاوي هذا إنما هو تحريف لكلمة الشجار مما يبعث على القول إن كلمة شكاز تحريف لكلمة شجار . ذلك أن مخطوطة حيدر آباد تقول إن اسم الفلكي الشجار هو علي ومخطوطة لايدن تقول إن الشجار (السحاوي) ليس سوى علي بن خلف نفسه أي ابن الشجار (والشجار هو أبو علي خلف) .

إن نسبة الآلة إلى مبتدعها ومنشئها كان امراً معروفاً . فهذا الفلكي الحلبي ابن السراج يسمي آلته التي ابتدعها في مطلع القرن الرابع عشر بالسراجية ، وهذه الآلة إن هي إلا إسطرلاب عام وقع صاحبه على فكرته بعد نظره في حل مشكلة تحديد زاوية الزمن لارتفاع

زاوي سماوي ما وذلك باستعماله الصفيحة الشكازية . إلا أن فكرة آلته تعود إلى الشجار الطليطلي في القرن الحادي عشر . وقد كتب الزرقاله رسالته عن الصفيحة الزرقالية قبل خمس وعشرين سنة من انجاز ابن خلف لاسطرلابه العام المأموني. وقد علم أنه كتب ثلاث رسائل منفصلة عن آلته لا اثنتين كما هو معروف بعامة. فإذا كانت رسالته الأولى تقع في مائة فصل ورسالته الثانية تقع في ستين فصلاً فإن رسالته الثالثة تقع في ثمانين فصلاً وهي مهداة إلى حاكم لم يذكر اسمه . وقد نسبت هذه الرسالة مؤخراً في استانبول إلى الزرقاله . وهي تشتمل على بيان أو كشف نجمي لعام ٤٥٩ هـ وقد يكون ذلك سبب تأخيره تاريخ ظهور رسالته ذات الفصول المائة إذا كانت قد أنشئت فعلاً عام ٤٤٠ هـ (وهي مهداة إلى المأمون) . أما رسالته الثانية ذات الفصول الستين فمهداة إلى الأمير المعتمد بن عماد الذي تسلم السلطة عام ٤٦١ هـ في الوقت الذي كان فيه المأمون حاكم طليطلة، ثم اغتصب قرطبة من المأمون عام ٤٧١ هـ . ويظن أن الزرقاله قد غادر بعد ذلك بقليل طليطلة المضطربة ليستقر في قرطبة وانه كتب رسالة جديدة للمعتمد وذلك تكفيراً منه عما كتبه من قبل من رسالة أو رسالتين لمنافسه المأمون . وها هو ذا الترتيب الزماني لظهور الرسائل الأربع :

٤٤٠ هـ رسالة الزرقاله في ١٠٠ باب

٤٥٧ هـ رسالة الزرقاله في ٨٠ باباً

٤٦٤ هـ رسالة علي بن خلف

٤٧١ هـ رسالة الزرقاله في ٦٠ باباً

وبعد أن عرفت جميع رسائل الزرقاله عن الصفيحة ورسالته عن الاسطرلاب المتعلق بنصف الكرة السماوية غدا البحث في أعماله عن الآلات جديراً بالاهتمام .

إن ما توفر لدينا من بينات لحري أن يبين لنا أن فلكيي الأندلس لم يكونوا أصلاء في أعمالهم ومنجزاتهم، وأن مدى تأثر الزرقاله بالمصادر العربية المشرقية القديمة يجب أن يظل مسألة ظن وتخمين . ومن المعلوم أن فلكي دمشق في مطلع القرن التاسع حبش قد كتب رسالة عن صفيحة الآفاق وهي صفيحة شديدة الشبه والقرب من الصفيحة الشكازية الوحيدة ، إلا أن رسالته فقدت ولم نطلع الا على الرسالة التي كتبها علامة شيراز السجزي في منتصف القرن العاشر (وهي رسالة ذات نسخة وحيدة محفوظة في دمشق) .

ويمكن البرهنة أخيراً على أن الشبكة الشكازية هي ذات أصل يوناني ومن الغريب أن يكون اسم هذه الصفيحة الأوربي هو راصد النيازك « meteoroscope » ، إلا أن بطليموس كان يصطنع الكلمتين جميعاً : الاسطرلاب وراصد النيازك بحيث يرجع الاول الى الآلات الكروية ونصف الكرة السماوية ويتصل الثاني بآلة كروية تمت الى ذلك .

مقالة قصيرة واعلانات

ملاحظة حول مخطوط

عادل أنبوبا*

كتاب الفصول في الحساب الهندي لأبي الحسن احمد بن ابراهيم الاقليدسي كتاب معروف ، كان أول من أشار اليه ماكس كراوز Max Krause سنة ١٩٣٦[1] ، ثم نقل عنه كارل بروكلمان Carl Brockelmann[2] ، وذكره أيضاً فؤاد سزكين[3] وقد حققه ونشره وقدّم له وعلّق عليه الدكتور احمد سعيدان (عمّان ١٩٧٣) .

يقول الأستاذ سعيدان ص ٢٨ سطر ٥ من طبعته : « هو (أي المخطوط) في ٢٣٠ ورقة مقاس ١٣ سم في ١٧ سم في كل وجه ١٧ سطراً . ولغاية ستظهر بعد قليل نذكر ان الكتاب يقع في **أربعة فصول**، وان **الفصل الثاني** يضم عشرين بابا: الأول : في التضعيف، والثاني : في التصنيف ، والسابع : في افناء عدد بعدد آخر ، والثامن: من نوادر ما يسأل عنه في الاسقاط ، والثامن عشر : في تجذير الصم .

والفصل الرابع يقع في ٣٢ باباً . الباب الثامن والعشرون : فيما يحسب بآلة يحسب بها الأعمى والبصير ، الباب التاسع والعشرون : في استخراج ضلع المكعب . وبدء الفصل الرابع هكذا : « هذا الفصل نذكر فيه جميع ما يعمل بالهندي بغير تخت ولا محو ، بل بدواة وقرطاس . وذلك ان كثيراً من الناس يكره اظهار التخت بين يديه عند حاجته الى استعمال هذا الفن من الحساب ، لما فيه من سوء تأويل من يحضره أو يراه بين يديه فينقص ذلك منه ، اذ كان يرى بين يدي من لا خلاق لهم من المتكسبين بالتنجيم على الطرقات ...» ثم بعد ذلك باربعة سطور أو يزيد : « فإني ما رأيت أحداً من أهل بغداد ذاكَر به ولا عمل فيه شيئاً » .

* المعهد الحديث اللبناني ، فنار جديدة ـ بيروت .

1. Max Krause, "Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker", *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik und Physik, Abt. B*: Studien, 3 (1936), 437-532, p. 513.

2. C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Literatur* (Leiden: Brill, 1937), Supplbd. II, p. 387.

3. Fuat Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* (Leiden: Brill, 1974), Bd. V, p. 296.

هذا من جهة . ومن جهة اخرى فمنذ عشرين عاماً نشر الأستاذ أحمد آتش مقالاً غزير المادة كثير الفائدة بعنوان : « المخطوطات العربية في مكتبات الأناضول » وذلك في مجلة معهد المخطوطات العربية ٤ (١٩٥٨) ، ص ٣ — ٤٢ . وجاء في الصفحة ٣٠ من المقال :

ابو الحسن احمد بن ابراهيم الاقيلدسي : الحجري في الحساب[٤] .

ابو الحسن احمد الاقيلدسي الذي لم أتمكن ان اثبت حياته ، له كتاب ، معلوم انه كتبه في دمشق سنة ٣٤١ ، وسماه بالفصول في الحساب الهندي (انظر الى ٣٨٧ — و GAL. Suppl. I) . ولا نعلم نسخة اخرى لكتابه الحجري في الحساب هذا الذي نحن بصدد توصيفه .

مكتبة مغنيسا العمومية ١٧٥٢

١٨٩ ورقة في جلد مرمم ، ابعاده ٢٥,٢ × ١٦,٥ (١١,٥ × ١٩,٥) سم

١٩ سطراً ، بخط نسخي ، اسماء الأبواب والفصول بخط كبير الحروف .

تاريخ الاستنساخ ... وكان الفراغ ... سنة اثنتين وأربعين وستماية ...

أوله : بسملة ... الحمد لله الأول قبل كل شيء والآخر بعد كل شيء ، القديم بلا مثال ، والباقي بلا زوال . قال واضع هذا الكتاب وهو أحمد بن ابراهيم الاقليدسي ... آخره : تم الفصل الرابع من كتاب الحجري وبتمامه تم جميع الكتاب . انتهى

* * *

قلنا : الكتاب الذي يعرّف عنه الاستاذ أحمد آتش نرجح انه كتاب الهندي الذي نشره الأستاذ سعيدان (يعني جامع ٨٠٢) . ويحملنا على هذا الاعتقاد عدة امور :

١° الكتابان لمؤلف واحد .

٢° انه لا معنى قريب واضح — يجمع بين الحجري والحساب .

٣° ان الهاء في بعض الكتابات القديمة تشبه حرفي د كتبا احدهما فوق الآخر ، والدال والراء تلتبس قراءتهما والتنقيط لم يكن عاما في الكتابة .

٤) ذكر فؤاد سزكين كتاب الحجري في الحساب عن أحمد آتش ، المرجع المذكور في الحاشية ٣ .

٤ً صدرا المخطوطين متفقان بما فيه الكفاية ومعلوم أن مطالع المقالات معرضة . بصفة خاصة للتحوير ، من زيادة وحذف وتنميق . ففي مخطوط ينّي جامع ٨٠٢ المطبوع جاء : « الحمد لله الاول قبل كل اول والآخر بعد كل آخر ، القديم بلا مثال . والباقي بلا زوال والدائم بلا انتقال » واستمر الكلام على هذا المنوال سبعة سطور في صفات الله تعالى ثم في الصلاة على النبي . يلي هذه السطور : اني لما نظرت في كتب من تقدم من العلماء بحساب الهند من الحُسّاب ...

اما آخر الكتاب فهو : « هذا آخر الفصل الرابع مما عملته من حساب الهند وقد أتينا منه بجميع ما عملناه ، ولم ندع ما يعلم منه وما يسأل عنه إلا اتينا به وقربناه بأقرب ما امكن واجود ما اتى به من قبلنا حسب ما شرطناه والله وفقنا وبه استعنا وهو حسبنا ونعم الوكيل . والحمد لله رب العالمين ، وصلواته على خير خلقه محمد النبي وآله » وخاتمة الكتاب على مثال مقدمته معرضة للبتر والتحوير .

٥ً المخطوطان متفقان من حيث الكبر . فمخطوط يني جامع يحوي قريباً من ٣٩٠٠ سطر ، ومخطوط مغنيسا يحوي قريباً من ٣٦٠٠ سطر ، وهو أعرض على ما يظهر .

٦ً تقدم الحساب البطيء في ذلك العصر لا يرجح ان يخصه المؤلف بكتابين كبيرين كبر الهندي والحجري . هذا ما نراه في المخطوطين ، ونتوجه هنا بالسؤال الى قرائنا في تركيا عسى أن يكون بينهم من له سبيل هيّن الى مكتبة مغنيسا العمومية . فإياه نرجو ان يتفضل ويراجع المخطوط ويقابل بينه وبين المقاطع التي ذكرناها من الكتاب المطبوع إلا أن تكون عنده الطبعة فيعمل بما يراه .

فإن صدق تقديرنا نكون قد حصلنا على مخطوط ثان للكتاب ، وإن اخطأ نكون قد غنمنا مؤلفاً آخر للاقليدسي . وفي كلا الحالين فنحن شاكرون لمن يفيدنا من القراء ومقدرون لغيرته ومروءته .

فقيد تاريخ العلوم العربية
الاستاذ الدكتور محمد يحي الهاشمي
(١٩٠٤ - ١٩٧٩)

في التاسع عشر من شهر آب (أغسطس) الماضي ، توفي الاستاذ الدكتور محمد يحي الهاشمي اثر اصابته بخثرة وعائية دماغية لم تمهله مع الاسف الا بضعة ايام فقط امضاها في المستشفى الجامعي بحلب .

ولد المرحوم الاستاذ الهاشمي في حلب سنة ١٩٠٤ ودرس فيها حتّى اوائل العشرينات حيث سافر الى المانيا بعد تمضية فترة في الجامعة الامريكية ببيروت .

وخلال وجوده في المانيا حيث بقي حوالي العشرين سنة كان يعمل بالاضافة الى دراسته الكيمياء وفلسفة العلوم بتعريف المجتمع الالماني بالحضارة العربية والاسلامية . وللحصول على الدكتوراه في الكيمياء تقدم بكتاب البيروني عن الاحجار كما كتب ونشر و حاضر خلال ذلك عن علم الحياة عند العرب وعلم المعادن وغيرهما .

وفي اواخر الثلاثينات عاد الى حلب وبقي فيها يدرس الكيمياء في مدارسها الثانوية ومن ثم في كلية الهندسة والعلوم الى ان أحيل الى التقاعد . ولكنه خلال هذه الفترة ما فتيء يعمل في نطاق تاريخ العلوم والفلسفة العربية والاسلامية . فكان ينشر المقالات في الصحف والمجلات العربية والالمانية . كما نشر بعض الكتب الهامة في هذه المواضيع . بعضها في الحضارة العربية والاسلامية وفي بعضها الآخر كان يحاول ان ينقل الحضارة الغربية الىقراء العربية والمتكلمين بها .

ومن اعماله البارزة في هذه الفترة تأسيسه « جمعية الابحاث العلمية » ونشره دورية عن نشاطاتها ومحاضراتها وذلك باللغات الأربع : العربية والفرنسية والانكليزية والالمانية .

ومن ابلغ واهم نشاطاته اشتراكه المستمر والدائم في المؤتمرات الدولية لتاريخ العلوم وفلسفتها ، وذلك بالقاء محاضرات علمية اصيلة باللغات الثلاث : الالمانية والانكليزية والفرنسية . مما جعل منه شخصية مرموقة ومعتمدة في تاريخ الحضارة العربية والاسلامية وخاصة بين الناطقين باللغة الالمانية والتي كان يتقنها اتقانه للغة امه العربية .

لقد فقدت العروبة والاسلام بموت الاستاذ الدكتور الهاشمي شخصية كبيرة ومرجعاً هاماً في تاريخ وفلسفة العلوم العربية والاسلامية .

الدكتور الطبيب طه اسحق الكيالي
استاذ تاريخ الطب في جامعة حلب

مراجعات الكتب

الثقافة (الاسبانية — العربية) في الشرق والغرب

خوان فرنت
الناشر أريبل — أريبل هيستوريا —
اسبانيا ١٩٧٨

هذا كتاب يبحث في منجزات العرب في اسبانيا بخاصة وفي الحضارة العربية بعامة ، وهو لهذا يتخذ موضوعاً له دراسة أعمال أولئك العرب الأوائل الذين قاموا بنقل الأبحاث العلمية من العصور القديمة إلى العربية ويبين عميق معرفة العربالأندلسيين لهم ووثيقها. (والحق نقول إن المعرفة الوثيقة هذه ذات الجذور العميقةإن تعني إلا اتحاد أجزاء الحضارة العربية — الاسلامية في وحدة كاملة لم ينقص منها بعد الشقة وتفاوت الحكم شيئاً . إنما أردنا أن نبرز هذه الحقيقة الواقعة لما يمكن أن يظن من بعض أقوال المؤلف أنه يفصل بين جزئي الحضارة العربية الواحدة في مشرقها ومغربها (الأندلس)، وإن كان يلح على صلتهما الوثيقة في كثير من شواهده وآرائه) ، وكيف اعتمد هؤلاء على أولئك في تصنيف ما صنفوا من مؤلفاتهم الخاصة في كل ما من شأنه أن ينمي التراث المتلقى أبلغ نماء وأكثره اطراداً . ويتعرض بعد ذلك للأسباب التي حدت بالدارسين الأوربيين إلى المجيء إلى الأندلس في مطلع القرون الوسطى ابتغاء تلقي هذه العلوم الجديدة في شتى ميادينها . بحيث يتبين لنا من هذا كله أن الكتاب إن هو إلا محاولة رصينة لعرض مآثر العرب بما فيها من أصالة وإبداع وما فيها من تخط لمرحلة الترجمة والاتباع وكيف استند العرب في الأندلس إلى هذه المآثر مترجمة ومصنفة فأنتجوا ما أنتجوا من بديع الشيء علماً وعملاً فزادوا بذلك رصيد العلم والمعرفة . ومن هنا جاء أثرهم في الغرب واجتذابهم للغربيين كيما ينهلوا من منابعهم ويردوا مواردهم الثرة .

يعالج هذا الكتاب بخاصة هذه الفترة التي كانت تسمى في الكتب المدرسية باسم « مدرسة مترجمي طليطلة » وقد عُلم أن هذه الفترة أكبر وأوسع ممـــا يعتقد بعامة وأنها لتمتد لتعم الحقبة الممتدة من القرن الثامن إلى القرن الثالث عشر .

والمؤلف يحدد بعد هذا موضوع بحثه التاريخي ليقول إنما هو بحث ثقافي لا سياسي، ومهمته أن يشرح الوقائع المعروضة ويورد الأمثلة الواقعية التي تتيح لنا تتبع انتقال العلم

الشرقي وعلم العصور القديمة (البابلونية والاغريقية والفارسية واللاتينية ..) إلى العصر الوسيط عبر الاندلس، وهو يحلل في الوقت نفسه دوافع هؤلاء المترجمين العرب الأوائل للكتب العلمية فيعرض لها من حيث تحريرها ولغتها والأخطاء والهفوات التي ارتكبوها من غير أن ينسى التنويه بكل ما من شأنه ، في آخر المطاف ، أن يسمح لنا بإصدار حكم بقيم أعمالهم ويقدرها حق قدرها .

وهو يتبع في ذلك نهجاً مزدوجاً : زمانياً في تسلسله وموضوعياً في محتواه ليبين من طريق ذلك النحو الزماني والموضوعي الذي انتقلت طبقاً له هذه المعارف من الشرق إلى الغرب (أوربا) ورجوعها إلى الشرق عبر اسبانيا حتى بدء عصر النهضة .

وأكثر ما يهم الكاتب تحليل الأفكار تحليلاً منهجياً مما قلل من اهتمامه بالمصادر وتحقيقها ، وهو يستعرض من أجل ذلك عمل أسلافنا في ميادين المعرفة جميعاً من فلسفة وعلوم خفية ورياضيات وفلك وتنجيم وفيزياء وسيمياء وعلم طبقات الأرض وعلم الحيوان والنبات والطب وعلم الادوية والتقنية الصناعية ، وهو يصطنع لذلك كل وسيلة ممكنة ، وكل مصدر متاح ، مما جعله يقول إن اللجوء الى بعض المقطوعات الشعرية العربية لهذه الغايات أو الرجوع إلى مخطوطة نادرة ليطلعنا أحياناً على غريب المفاجآت .

إن مراجع الكتاب لا تطلعنا على أصول الأبحاث المذكورة وفروعها وحسب وإنما تسمح لنا أيضاً بمعرفة المرحلة التي بلغ فيها العلم في الأندلس أوجه في الإبداع والخلق . وهذه المرحلة هي المسلّم بها وحدها دونما نزاع ولا خلاف على كثرة ما لقي هذا العلم من جدل وما دار حوله من نزاع وخلاف . وهو العلم الذي اتخذه العلماء الأوربيون في العصور الوسطى وعصر النهضة موضوعاً لأبحاثهم فأشبعوه دراسة وتمحيصاً والذي اعتمدوه منطلقاً لهم فيما صنفوا من أبحاث خاصة .

والكتاب إذ يكشف بأنصع الأدلة وأقوى الشواهد ، مستعيناً في ذلك بأقوى المراجع وأوثقها ، عما تدين به الثقافة للعرب الأندلسيين بخاصة وللعرب جميعاً بعامة من فضل يعرف كلمة « عرب » بقوله إن اصطناعه لها لا يستشم منه أي معنى عرقي أو ديني إنما يقتصر على اللغة التي كان يتخذها العرب والفرس والأتراك واليهود والاسبانيون خلال العصر الوسيط أداة تعبير لهم فكانت المطية المثلى لنقل أكثر المعارف تنوعاً من العصور القديمة (الكلاسيكية والشرقية) إلى عالم الاسلام حتى إذا أعيدت صياغتها ودعمت بمآثر

جديدة كمثل الجبر والمثلثات وغيرها انتقلت إلى العالم المسيحي من طريق الترجمات إلى اللاتينية فكانت بذلك مصدراً ثراً للانتشار العلمي الرائع في عصر النهضة . وحقيق بنا أن نقول ، مؤيدين بذلك المؤلف ، إن إحصاء ً يسيراً للنصوص العامية المنشورة وللشواهد المذكورة لقمين أن يبرهن على قدر ما يدين به الغرب للأندلس وللعرب جميعاً من عظيم الفضل .

وهذا الفضل ليبدو في كل مجال ويظهر في كل ميدان . وشاهده هذه المآثر على تنوع أصنافها وتفنن ضروبها ... والتي تدل أبلغ الدلالة على ما أبدعه الفكر الأندلسي من شيء ، وإن يكن بعضهم يعرض المذلك بشيء من التردد والشك فيثير نقاشاً حاداً حول بعض النظريات التي سيقت في تفسيرها وتعليلها والتي وجدت تأييداً ودعماً لها في السنوات الخمس والعشرين الأخيرة .

ولم يتعرض المؤلف عمداً للقصص السياسي على الرغم مما لذلك من فائدة في فهم ظاهرات الانتقال الثقافي وما لبعض المعارف كالكيمياء من طابع خاص يتمثل فيما احتوته من ألفاظ ومعانٍ شيعية واسماعيلية فاطمية وما كان لتلك من أثر ايديولوجي بالغ في اقليم أراغون في القرن الحادي عشر وفي أوربا من بعد ذلك .

إلا أن أثر هذا الفكر الأندلسي لم يكُ في اتجاه الغرب وحسب فقد تأثرت افريقيا الشمالية والشرق بعامة بذلك أبلغ التأثر وأبقاه. بيدأن دراسة هذا الأثر لم تلقَ ما لقي الأثر الآخر من عناية ورعاية ، سواء أكان ذلك من وجهة نظر أدبية أم علمية ، ومثال ذلك الزجل المولود في سراقوسة والمتطور في قرطبة والمنتقل إلى العراق ، فهذا الضرب من ضروب الشعر لم يزلْ حياً حتى يومنا هذا في المناطق التي أضحى فيها الذريعة المثلى للهجاء السياسي . وأما في المجال العلمي فلابن رشد كبير الأثر في علم الفلك في فارس وتركستان وسورية حتى مطلع القرن السادس عشر ... وهذا كله لجدير أن يبرر مجيء عنوان الكتاب على النحو التالي « الثقافة الاسبانية ــ العربية في الشرق والغرب » .

والمؤلف دراك واعٍ لما ينطوي عليه تصنيف كتاب كمثل هذا من خطر الانزلاق في مهاوي الحماسة والانفعال إذا ما ابتغى الحكم على وطنه وما قدم من مآثر ، مما يفضي به ذلك إلى أن يمتطي ركوبة المدح أو الذم على غير اعتدال ودونما بصيرة ، ذلك بأن النص الذي انتهى من تحريره قد غشى على بصره حسن الرؤية فغدا معه المؤلف عاجزاً عن نقد

عمله والنظر إليه بعين ملؤها الموضوعية . وهو إذ يريد أن يربأ بنفسه عن أن يُشان بهذه النقيصة يتخذ شعاراً له عباره شيرولي : الباحث الايطالي في الحضارة الاسبانية إذ يقول في فضل اسبانيا والاسبانيين على الحضارة الإنسانية : « إن اسبانيا ، وهي الأولى بين الأمم في الدفاع عن أوربا المسيحية خلال القرون التسعة من الاسترداد ، كانت الأولى في احتفائها بأكثر ما تلقت من العالم الشرقي من شيء في ميادين الثقافة والفن من خلال علائقها به سلماً وحرباً ، وهو العالم نفسه الذي كانت تعارضه وتقاومه في ميدان الحرب والذي نقلت ما تلقته منه من علم إلى الغرب الأوربي » .

وبعد فهذا كتاب يشتمل على مقدمة وأحد عشر فصلاً . وهو يتعرض في الفصل الأول من حيث هو مدخل تاريخي للموضوع لمولد الثقافة العربية وللحكم العربي في اسبانيا وينتهي إلى ملوك الطوائف والغزوات الافريقية . أما الفصل الثاني فدراسة لمعالم التراث القديم (اليوناني بخاصة) في العالم العربي ويتبين ذلك فيما صنف من أشياء في الحساب والرياضيات والارقام والجبر بعامة وفيما اطلعنا عليه من مذاهب تنجيمية في القرانات، على ألا ننسى ذكر الطب والمواد الطبية في جملة ذلك . وقد كانت اللغة اللاتينية لغة الثقافة في الغرب إذ ذاك وكانت اللغة التي نقل منها بعض المؤلفات الأدبية والعلمية الى العربية (قبل القرن التاسع) ومن جملة ذلك قطوف لا يعرف لمؤلفيها اسم فيذكر .

ويتناول الفصل الثالث تقنية الترجمات : ترجمات النصوص القديمة إلى العربية والترجمات العربية إلى اللاتينية ويتعرض للمترجمين فيصنفهم درجات بحسب مكنتهم وحسن ترجمتهم وما وقعوا فيه من أخطاء .

أما الفصل الرابع فيبحث في العلوم في القرنين العاشر والحادي عشر فيبين أثر الاسلام في الثقافة الغربية وكيف تم ذلك من طريق الترجمة كترجمة مؤلفات ما شاء الله (المصري — الايراني) والصوفي عن الاسطرلاب في الأندلس والخوارزمي (مفاتيح العلوم) في المشرق العربي . ويذكر فضل العرب في صنع الساعات الشمسية في كل من المشرق والأندلس ، ولم ينسَ الأثريات وما كتب فيها من مقالات نظرية وما قام به الباحثون من تحريات عملية (في قرطبة وغرناطة) . وقد أحدث المؤلف للأنابيب البصرية لرصد النجوم وتتبعها ذكراً حميداً يبين ما في ذلك من آيات دالات على تطور البصريات علماً وتجربة .

أما الفصل الخامس فعرض للعلوم والمعارف في القرن الثاني عشر وما اشتملت عليه من

فلسفة وسحر ورياضيات وترجمة . وقد تناولت الترجمات عن العربية بخاصة كتب الكندي (رسالة في ماهية العقل والابانة عنه ورسالة في الجواهر الخمسة) وابن سينا (الشفاء وما وراء الطبيعة) والغزالي (مقاصد الفلاسفة) والفارابي (إحصاء العلوم) والخوارزمي (المختصر في حساب الجبر والمقابلة) . ويبين لنا المؤلف في هذا الفصل تطور علم الكسور وصلته بالنبي لحاجته إليه في أمور الفرائض والمواريث . ولم ينسَ ذكر بني موسى ومصنفهم « كتاب معرفة مساحة الأشكال » وما تضمنه من جليل الموضوعات الهندسية ودقيق البراهين الرياضية .

ويتابع في الفصل السادس ما بدأه في الفصل الخامس من عرض للعلوم في القرن الثاني عشر كمثل التنجيم والفلك والبصريات والكيمياء والطب . ففي مجال الفلك نجد دراسات لكتاب السماء والعالم والنيازك لأرسطو .. وقد تم آنئذٍ أول قياس للأرض حققه العرب ووصل الغرب مع ترجمة اللوحات الفلكية (١١٢٦ م) . ولا ننسَ علم التنجيم وما له من أثر في الحروب والبناء .. أما في البصريات فقد نبغ ابن الهيثم كل النبوغ في كتابه (المناظر) الذي يؤيد فيه مقالة ابيقور في تلقي الأجسام المختلفة للأشعة الصادرة في جميع الاتجاهات معارضاً في ذلك رأي أرسطو واقليدس من جهة ونظرة امبدوقلس من جهة أخرى .. وإن ما يشهد بنبوغه وإبداعه تجاربه على الغرفة المظلمة والدوام الشبكي للصورة ورأيه في الطبيعة المادية للنور (فكان بذلك أول من قال بالنظرية الجسيمية للنور مخالفاً في ذلك أرسطو حيث قال : إن الضوء ليس بجسم)، ونظريته في صدور ضوء القمر عن الشمس كما جاءت مشروحة في « مقالة في ضوء القمر » وهي مقالة تبدو أنها لم تكن معروفة في العالم اللاتيني . حتى إذا ما تخطينا ميدان علم السيمياء وما كتبه ابن مسرة والمجريطي (رتبة الحكيم وغاية الحكيم) وما قاله أبو معشر (الفلكي) في كتابه « كتاب الألوف » من رواية توحيدية لأصول الثقافة أدركنا ما كتبه العرب في الطب وما نقل إلى اللاتينية في اسبانيا من كتب طبية عربية وما جاء به الكندي من عميق النظرات في الموازاة الرياضية بين العلاج (المؤثر) والأثر وهو بذلك يسبق كلاً من فيبر في قانونه عن العلاقة العددية بين المؤثر والاحساس وفيشنر في معادلته عن التناسب بين الإحساس ولوغاريتم المؤثر . ثم يواصل المؤلف في الفصل السابع دراسته للعلوم فيعرض لها في القرن الثالث عشر وما اطلع عليه من مصنفات في العلوم المختلفة وما بقي من المخطوطات في ذلك كله بعامة وفي العلوم السحرية والتنجيم بخاصة وما نراه من أثر للمصطلحات العربية في الرياضيات في أبحاثها

العربية واللاتينية. إن ما جاء به العرب من نظريات فيزيائية في الطاقة والحركة في الهواء لدى يحيى بن عدي وابن سينا (في الميل القسري) (وما بينها وبين آراء أرسطو من تعارض واختلاف) وما رآه البغدادي من وجود للفضاء اللامحدود لقصر العقل الانساني عن درك الضد واعتقاده أن في القذيفة نفسها يوجد الميلان القسري والطبعي وأن المسار الملاحظ إنما يتولد عن هذين الميلين لأكبر شاهد على أن العرب لم يقتصروا على النقل والاتباع في كل ما بحثوا من شيء .

ودليل ذلك ما قام به ابن الهيثم من محاولة لحل مشكلة الواقعية الفيزيائية للكون حلاً مادياً، وذلك طبقاً للمبدأ القائل إن الطبيعة تخشى الفراغ مخالفاً في ذلك بطليموس في كتابيه المجسطي والفرضيات.وقد كان القرن الثالث عشر حافلاً بالأبحاث والرسائل اللاتينية الفلكية وهي مستقاة من كتب عربية للفرغني والتباني وابن الهيثم وغيرهم ... مما نستطيع معه أن نفسر ما جاءفي هذه الدراسات الفلكية في نشوء الكون وفساده من أسس إيديولوجية (كما نرى ذلك عند ابن رشد وابن طفيل وابن باجه) ، ونرى هذه العلاقة وثيقة في البراهين العربية الهندسية لمسائل تتضمن مشكلات لاهوتية كما هو الشأن في النظرية الذرية وامكان تقسيم الممتد إلى غير نهاية (ابن سينا وابن رشد) .

ثم يواصل الفصل الثامن سيره في هذه السبيل فيعرض للعلوم في القرن الثالث عشر وما بعده كمثل السيمياء والتقنية وعلم الملاحة فيبين في كل ذلك فضل العرب وأثرهم الباقي على الزمن . فمصطلحات السيمياء العربية كثيرة بثيرة وتبيان منافع موادها واضح بين ؛ أما التقنية الصناعية فتشتمل على صناعة الورق بخاصة (الادريسي والمعز بن باديس في « عمدة الكتاب وعدة ذوي الألباب » وهو كتاب صنف في أصحاب (الحرف ...) ووصف لطواحين الهواء ومجاري المياه ... والمشروبات المبردة بالثلج والنواعير الشرقية ... ودراسة للبارود وصناعته كما جاءت في « كتاب الفروسية والمناصب الحربية » لحسن الرماح (١٢٨٠ م) وما يستعمل في صناعته من عناصر كنترات البوتاسيوم والفحم والكبريت. ويذكر المؤلف أن أول مرة ظهرت فيها كلمة البارود كانت في كتاب « جامع المفردات » لابن البيطار (المالقي) القائل إن ما يعرف في الغرب باسم البارود إن هو إلا ثلج الصين . وما ينبغي أن ينسينا ذلك وما كان للعرب فيه من كبير فضل الصناعات الاخرى كالخزف والفخار والمعادن والزجاج . وأما في مجال الملاحة البحرية فالمؤلفات غزيرة والرحلات

كثيرة وآثار العرب شرقية أو غربية، التي بلغت اسبانيا، جمة وفرة كمثل اصطناع البوصلة والمصور الملاحي والاتجاهات والمنجنيق (قذاف) والسكان والرمح (المزراق) لقياس الزوايا وما إلى ذلك من إعمال مقاييس معينة في رسم المصورات الجغرافية على أوثق نحو مما تقترب معه إلى ما توصل إليه العلم الحديث من مقاييس .

ويزعم المؤلف أنه لا يمكن القول إن لدى العرب معارف تندرج تحت ما نسميه اليوم علم طبقات الأرض ، إنما كان هناك دراسات وملاحظات جيولوجية وتعدينية وأثرية (حفريات) . ومثال ذلك ما جاء في كتاب الشفاء لابن سينا من وصف لتشكل الجبال . ذلك بأن اهتمام العرب كان مقتصراً على التعدين والحجارة وما تجاوز ذلك فنزر يسير .

أما في علم النبات والحيوان والطب فما أكثر ما كتب وشرح وما أكثر من كتب وشرح .. وللمؤلف رأي مفاده أن ابن رشد ، مثله في ذلك مثل جميع الأطباء في القرون الوسطى ، لم يكن أصيلاً في أوصافه التشريحية وذلك يرجع إلى أن هؤلاء الأطباء كانوا محرومين من تشريح الجثث البشرية مما اضطروا معه إلى اللجوء إلى الحيوانات يشرحونها (كالخنازير والقردة) . إلا أن ذلك لم يقلل من بديع عملهم فتيلاً ، فما قام به ابن النفيس الدمشقي (١٢٨٨ م) من تعليق على تشريح ابن سينا ومن وصف للدورة الدم الصغرى سابقاً بذلك سرفيت بقرنين من الزمان لشاهد على ذلك أي شاهد . وقد اصطنع العرب التخدير (بالسكر) بالبنج والمخدرات (الحشيش وذلك إما بنقعه أو عصره في الفم باسفنجة) والتنويم واقتضوا أن تسبق ممارسة الطب امتحانات يجتازها الدارس فتخوله القيام بمهنة الطب وتستدعيها قدرة وحكماً .

بعد أن درسنا القدرة الفتانة لهذه الثقافة العربية في علومها وترجماتها وفي عمرانها وصناعاتها وكيف طغت العربية في كل ذلك على لغات المسلمين جميعاً وعرفنا أنها وإن كانت بادي الرأي تركيبية توفيقية فإنها سرعان ما غدت إبداعية أصيلة يحسن بنا أن نعرض كأوجز ما يكون العرض لرقي هذه الثقافة في أدبها وشعرها ذي الحيوية التي تأخذ بمجامع الألباب، وفي نقدها وما فيه من دقة وتحقق وتثبت وإسناد للأحاديث والأقوال،وهو هذا الأسلوب الذي امتد فشمل الأدب برمته وأفضى إلى تآليف أمات المعجمات بين القرنين الثامن والثاني عشر وأنجب أعظم الأدباء وأعرقهم إبـداعاً فابتكر هؤلاء ونوعوا في مختلف أنماط الفن وفي متنوع ضروب الأدب من شعر غنائي وملاحم ، مما كان معه للشعر

العربي هذا الأثر الكبير في الشعر العربي من حيث القافية والوزن والموسيقى الشعرية بل في ضروب الشعر كافة سواءاً كان ذلك من حيث محتواها أم من حيث مبناها. والمؤلف يستشهد في ذلك كله بآراء كثير من الأدباء والمفكرين الاسبانيين .. ويقول إن العرب قد أجادوا، فضلاً عن ذلك، في الفن القصصي فكان ذلك مدعاة إلى نقل مؤلفاتهم القصصية إلى أوربا من طريق اسبانيا (ألف ليلة وليلة ، كليلة ودمنة وغيرهما ...) مبيناً أثر هذين الكتابين الكبير في الأدب الاسباني من حيث التقليد والاتباع (انظر في ذلك الديكاميرون . تريستان وايزولد بل الكوميديا الإلهية بخاصة لتجد أن ما جاء فيها من أفكار وحوادث وأوصاف لدليل على وثيق صلتها بالكتاب العربي ، ودراستا بلاسيوس الاسباني وشيرولي الايطالي لهذا الشبه الوثيق والأخذ القريب معروفتان ...) .

إن طرق تغلغل الفكر العربي ومعتقده إلى الغرب لم تكن مقتصرة على النصوص المكتوبة وحسب وإنما كان هناك الانتقال الشفهي ، ذلك بأن كثيراً من الأدباء الاسبانيين في القرنين الثالث عشر والرابع عشر كانوا يتقنون اللغة الأندلسية الدارجة .

وللمؤلف رأي في أمرين ذوي شأن هما أولاً يسر احتلال العرب لاسبانيا وسرعته وخضوع الاسبانيين التام والرضي لهم طوال هذه الفترة ، فيقول إن ذلك يرجع بخاصة إلى أن العرب قد منحوا الاسبانيين استقلالاً ذاتياً عريضاً وسيعاً وفرضوا عليهم من الضرائب قدراً أقل مما كانوا اعتادوا أن يدفعوه في منصرم أيامهم . والأمر الثاني يتصل ببعض ما ظهر للتعصب الديني والاضطهاد من مظاهر فيقول إنه إذا كان هناك شيء من ذلك في بعض من شؤون الحياة فإنما يحسن رجعه إلى الأحوال العارضة الشاذة التي كانت تمر بها البلاد إذ ذاك ... أما القاعدة السائدة في التعامل والاختلاط بين العرب المسلمين والاسبانيين المسيحيين فكانت التسامح الديني في كل وجوهه ومعانيه .

وبعد فهذا كتاب بذل فيه مؤلفه غاية الجهد وأفرغ قصارى الوسع ليجيء كتاباً منصفاً هادئاً متزناً في أحكامه وتعليقاته وغنياً ثراً في شواهده وبيناته التي تبرز ما كان للثقافة العربية الأندلسية من عظيم الأثر في الحضارة الغربية كلها ... فإذا كان لنا بعد هذا كله بعض التعليق عليه نقداً ومأخذاً لما كان منه من اقتضاب وإغفال لما نراه مهماً في تحديد معالم الشخصية العربية الاندلسية في فكرها وفلسفتها وعلومها وعمق صلتها الحضارية بالمشرق العربي فإنه لا يسعنا إلا أن نحمد لمؤلفه حسن صنيعه ونرجو لكتابه بعيد الانتشار وحسن القبول لدى الباحثين والقراء ونخص بذلك كل من يهمه الاطلاع على فضل العرب في علمهم وما خلفوه من رائع التراث أن يقلب صفحات هذا الكتاب دارساً ومتأملاً وموازناً .

راجع الكتاب عن الاسبانية
الدكتور حكمت حمصي

معهد التراث العلمي العربي
جامعة حلب

المشاركون في العدد

– **عادل انبوبا :** يعمل في ميدان تاريخ الجبر والهندسة ، وقد درس مادة تاريخ العلوم العربية في الجامعة اللبنانية وفي الكلية الفرنسية للاقتصاد في بيروت .

– **ماري – تريز دبارنو :** مجازة في الرياضيات ومؤهلة لتدريسها جامعياً إلا أنها تعمل الآن على إنجاز رسالتها للدكتوراه والتي تعالج التاريخ المبكر للمثلثات .

– **فرنارد فولي :** استاذ مساعد في قسم التاريخ بجامعة بردو ، واهتمامه العام منصب على تطور إجراءات الصناعة ونمائها ، وهو يدرس في الوقت الحاضر تطور الآلات في عصر النهضة الأوربية .

– **لويس غارسيا – بالستر :** رئيس قسم الطب في جامعة غرناطة منذ عام ١٩٧١ ، ويدرس الآن الجالينوسية في القرون الوسطى وبخاصة في مدينة مونبليه خلال القرن الرابع عشر .

– **أوين جينجريش :** يجمع إلى عمله فيزيائياً فلكياً في مرصد سميثسونيان عمله مدرساً لتاريخ العلوم في جامعة هارفارد . وله منشورات كثيرة جداً في كلا الميدانين .

– **حكمت حمصي :** التحق مؤخراً بمعهد التراث العلمي العربي باحثاً ومترجماً ، وهو أستاذ محاضر في كلية الاقتصاد والتجارة والمعهد التجاري بجامعة حلب وقد نال ثلاث درجات دكتوراه : دكتوراه في الفلسفة من جامعة فرانكفورت / ألمانيا الاتحادية ، ودكتوراه دولة في العلوم السياسية (والحقوقية) من جامعة باريس (السربون – بانتيون) ودكتوراه دولة في الآداب والعلوم الإنسانية من جامعة باريس (السربون) .

– **طه كيالي :** طبيب وأستاذ تاريخ الطب بجامعة حلب ، وعضو معهد التراث العلمي العربي وأمين سر الجمعية السورية لتاريخ العلوم .

– **ادوارد س. كندي :** كان استاذاً في قسم الرياضيات في الجامعة الامريكية ببيروت قبل تقاعده ، وهو يقضي وقته الآن في نشر مجلة معهد التراث العلمي العربي ودراسة علم الفلك الاسلامي في القرون الوسطى .

– **ديفيد ا. كينج :** قد عين مؤخراً أستاذاً مساعداً في جامعة نيويورك حيث يدرس العربية وتاريخ العلوم ويواصل العمل دراسة وتحقيقاً للمصادر الغنية لتاريخ العلوم البحتة التي اكتشفها خلال إقامته الطويلة في القاهرة .

– **كيث پري :** على الرغم من أن عمله المهني ونشاطه الحالي يقعان في ميدان البحث الالكتروني (Computer) إلا أن علم الآثار والتكنولوجيا القديمة يستحوذان على اهتمامه أكبر الاستحواذ ، وقد قام مع الأستاذ فولي بدراسة عن تقنية صناعة الفأس الحجرية (الصوانية) .

– **رشدي راشد :** مدير أبحاث في المركز الوطني للأبحاث العلمية في باريس وهو يدرس تاريخ الجبر والهندسة وسينشر له معهد التراث العلمي العربي تحقيقه ودراسته النقدية لأعمال الخيام الرياضية .

– **عبدالحميد صبره :** أستاذ تاريخ العلوم العربية في جامعة هارفارد وقد عمل في ميدان أسس الرياضيات وتاريخ الهندسة ، ويعمل الآن على نشر مناظر ابن الهيثم .

– **خوليو سمسو :** أستاذ العربية في جامعة برشلونه ، إلا أن ميدان بحثه الرئيسي تاريخ علم الفلك العربي ، وتتضمن منشوراته دراسات عن « كتب الأنواء » والآلات الفلكية وعلم المثلثات القديم .

ملاحظات لمن يرغب الكتابة في المجلة

١ ـ تقديم نسختين من كل بحث أو مقـال الى معهـد التراث العلمي العربـي . طبع النص على الآلة الكاتبة مع ترك فراغ مزدوج بين الاسطر وهوامش كبيرة لأنه يمكن أن تجرى بعض التصحيحات على النص ، ومن أجل توجيه تعليمات الى عمال المطبعة . والرجاء ارسال ملخص يتراوح بـين ٣٠٠ ـ ٧٠٠ كلمة باللغـة الانكليزيـة إذا كان ذلك ممكناً وإلا باللغة العربية .

٢ ـ طبع الحواشي المتعلقة بتصنيف المؤلفات بشكل منفصل وتبعا للارقام المشـار اليها في النص . مع ترك فراغ مزدوج أيضا ، وكتابة الحاشية بالتفصيل ودون أدنى اختصار .

أ ـ بالنسبة للكتب يجب أن تحتوي الحاشية على اسم المؤلف والعنوان الكامل للكتاب والناشر والمكان والتاريخ ورقم الجزء وأرقام الصفحات التي تم الاقتباس منها .

ب ـ أما بالنسبة للمجلات فيجب ذكر اسم المؤلف وعنوان المقالة بين أقواس صغيرة واسم المجلة ورقم المجلد والسنة والصفحات المقتبس منها .

ج ـ أما إذا أشير الى الكتاب أو المجلة مرة ثانية بعد الاقتباس الأول فيجب ذكر اسم المؤلف واختصار لعنوان الكتاب أو عنوان المقالة بالاضافة الى أرقام الصفحات .

أمثلـة :

أ ـ المطهر بن طاهر المقدسي ، كتاب البدء والتاريخ ، نشر كلمان هوار . باريس ١٩٠٣ ، ج ٣ ، ص ١١ .

ب ـ عادل انبوبا ، « قضية هندسية ومهندسون في القرن الرابع الهجري ، تسبيع الدائرة » ، مجلة تاريخ العلوم العربية . مجلد ١ ، ١٩٧٧ ص ٧٣ .

ج ـ المقدسي ، كتاب البدء والتاريخ ، ص ١١١ .
انبـوبا ، « قضية هندسية » ، ص ٧٤ .

مجلة تاريخ العلوم العربية

فهرس المجلد الثالث

العدد الأول ، ص 1-180 العدد الثاني ، ص 181-424

— ١٩٧٩ —

Index to Vol. 3

Journal for the History of Arabic Science

Pagination according to numbers

No. 1, 1-180 No. 2, 181-424

Sales and Distribution by the
Syrian Society for the History of Science

PUBLICATIONS OF THE INSTITUTE FOR THE HISTORY OF ARABIC SCIENCE

Al-Hassan, Ahmad Y., *Taqī al-Dīn and Arabic Mechanical Engineering, with the Sublime Methods of Spiritual Machines. An Arabic Manuscript of the 16th Century.* In Arabic. 165 pp. 1976. $ 8.00

Katayé, Salman, *Les Manuscrits Medicaux et Pharmaceutiques des Bibliothèques Publiques d'Alep.* In Arabic. 440 pp. 1976. $ 10.00

Shawqi, Jalal, S. A., *Mathematical Works of Bahā' al-Dīn al-ᶜĀmilī.* (953-1031/1547-1622). In Arabic. 207 pp. 1976. $ 8.00

Kennedy, E. S., & Imad Ghanem (Eds.), *The Life and Work of Ibn al-Shāṭir an Arab Astronomer of the 14th Century.* In Arabic and English. 172 pp. 1976. $ 6.00

Kennedy, E. S., *The Exhaustive Treatise on Shadows by Abū al-Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī* In English. 281 pp, 221 pp. 1976
Vol. I Translation
Vol. II Commentary $ 25/*set*

ᶜĀdiyāt Ḥalab. An annual on archaeology, history of art and science. In Arabic and English. Vol. I (1975) pp. 368, Vol. II (1976) pp. 354, Vol. III 284 in Arabic, 56 pp. French and English summaries (1977) Each Vol. $ 6.00

Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science (ISHAS), held 5-12 April 1976, Aleppo.

Vol. I in Arabic. 970 pp. $ 25.00
Vol. II in other languages. 368 pp. By hand $ 13.00
Surface mail $ 15.00

Journal for the History of Arabic Science. An international journal.
Subscription: $ 10.00

To Contributors of Articles for Publication in the Journal for the History of Arabic Science

1. Submit the manuscript in duplicate to the Institute for the History of Arabic Science. The text should be typewritten, double-spaced, allowing ample margins for possible corrections and instructions to the printer. Please include a summary in Arabic, if possible, about a third the length of the original. Otherwise let us have a summary in the language of the paper.

2. Bibliographical footnotes should be typed separately according to numbers inserted in the text. They should be double-spaced as well, and contain an unabbreviated complete citation. For books this includes author, full title (underlined), place, publisher, date, and page numbers. For journals give author, title of the article enclosed in quotation marks, journal title (underlined), volume number, year, pages. After the first quotation, if the reference is repeated, then the abbreviation *op. cit.* may be used, together with the author's name and an abbreviated form of the title.

Examples :

O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (New York: Springer, 1976), p. 123.

Sevim Tekeli, "Taqī al-Dīn's Method of Finding the Solar Parameters", *Necaci Lugal Armagani*, 24 (1968), 707–710.

3. In the transliteration of words written in the Arabic alphabet the following system is recommended:

'	a	b	t	th	j	ḥ	kh	d	dh	r	z	s	sh
ء	ا	ب	ت	ث	ج	ح	خ	د	ذ	ر	ز	س	ش

ṣ	ḍ	ṭ	ẓ	ᶜ	gh	f	q	k	l	m	n	h	w	y
ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ك	ل	م	ن	ه	و	ي

For short vowels, *a* for *fatḥa*, *i* for *kasra*, and *u* for the *ḍamma*.

For long vowels the following diacritical marks are drawn over the letters *ā*, *ī*, *ū*.

The diphthong *aw* is used for او and *ay* for اي .

NOTES ON CONTRIBUTORS

Adel Anbouba works on the history of algebra and geometry. He has taught the history of Arabic science at the Lebanese University and at the French Faculty of Economics in Beirut.

Marie-Thérèse Debarnot is an *agregée* in mathematics of the French government. She is currently completing a doctoral thesis on the early history of trigonometry.

Vernard Foley is an associate professor in the history department at Purdue University. His general interest is in the development of manufacturing processes. At present he is studying the evolution of machine tools in the European Renaissance.

Since 1971 **Luis Garcia-Ballester** has been head of the History of Medicine Department at the University of Granada. Currently he is studying medieval Galenism in 14th century Montpellier.

Owen Gingerich combines his work as an astrophysicist at the Smithsonian Observatory with a professorship in the history of science at Harvard University. His very numerous publications are in both fields.

Hikmat Homsi has recently joined the staff of the Institute for the History of Arabic Science. He holds three earned doctorates: a Ph. D. from Frankfurt a. M. in philosophy, and two Paris (Sorbonne) *doctorats d'état*, one in political science and law, the other in literature and the social sciences.

Taha I. Kayali, a medical doctor, is Professor of the History of Medicine at the University of Aleppo, Member of the Institute for the History of Arabic Science, and secretary of the Syrian History of Science Society.

E. S. Kennedy, having retired from the mathematics department of the American University of Beirut, divides his time between editing the *JHAS* and studying medieval Islamic astronomy.

David A. King has recently been appointed to an associate professorship at New York University. There he teaches Arabic and the history of science, and continues to exploit the rich sources for the history of the exact sciences discovered during his extended residence in Cairo.

Although **Keith Perry**'s professional training and current activity are in computer science, archaeology and ancient technology are his serious avocations. He and Professor Foley are collaborating in a study of stone axe manufacturing techniques.

Roshdi Rashed, director of research at the C.N.R.S. Institute for the History of Science at the University of Paris, studies the history of algebra and geometry. His critical edition of the mathematical works of Khayyam is being published by the Institute for the History of Arabic Science.

Abdelhamid I. Sabra, Professor of the History of Arabic Science at Harvard, has worked in the foundations of mathematics and the history of geometry. A current project is a critical edition of Ibn al-Haytham's optics.

Professor of Arabic at the University of Barcelona, **Julio Samso** has as a main research field the history of Arabic astronomy. His publications include studies of the *kutub al-anwa'*, astronomical instruments, and early trigonometry.

The two examples just given involve essentially theoretical issues. But the author also establishes that, for the most part, Arabic scientific explanations of natural phenomena were objective, and based upon observation and experiment, witness Alhazen's optics, Ibn Nafīs' description of the pulmonary circulation of the blood, and al-Kindī's mathematical formulation of the relation between stimulus and response which anticipated those of Weber and Fischer.

Contrary to general belief, Arabic scientific achievements were not confined to theoretical accomplishments. They extended also into technological fields, e.g. windmills, water lifting devices, and the production of gunpowder (by Ḥasan al-Rammāḥ in 1280).

In discussing the rapid and complete Arab takeover in Spain, the author regards as significant the lightening of the tax burden under the new regime, and the widespread local autonomy enjoyed by the populace. Sporadic manifestations of religious fanaticism and repression were rare exceptions to the general rule of tolerance.

Professor Vernet has spared no efforts to produce a balanced account of a field which he has cultivated for many years. There is always room for differences of opinion concerning individual topics, their relative emphasis, treatment, inclusion, or omission. None of these things detract from our congratulations to the author upon the publication of this book. We recommend it to all who are interested in the history of Arabic science and civilization.

HIKMAT HOMSI

Institute for the History of Arabic Science
University of Aleppo

demonstrate rather well the direct application of historical records to frontier problems of astrophysics. Thus it can serve as an educational tract for a wide range of astronomers, some of whom may otherwise have little sympathy for historical studies.

OWEN GINGERICH

Center for Astrophysics
Cambridge, Massachusetts, U.S.A.

Juan Vernet. *La cultura hispanoarabe en Oriente y Occidente*, Barcelona, Spain: Editorial Ariel (Ariel Historia), 1978. 395 pages.

This book is a serious and authoritative description of the glorious accomplishments of the Spanish Arabs, their originality and creative spirit. That is why it stresses the fact that Arabic culture transcended mere translation and imitation, demonstrating a genius for invention in all branches of knowledge. The author establishes this central thesis by means of adequate examples and numerous citations from the original sources, these being backed up by a rich and exhaustive bibliography. The book further reveals the deep influence exerted by the Hispano-Arabs upon Western culture and its scientific expansion during the Renaissance. This in turn shows how great is the debt owed by humanity to Arabic civilization, Spanish and Oriental. As the author says, a mere listing of the Arabic scientific texts edited at that time suffices to establish the validity of the above remarks.

The book commences with two chapters giving the general historical background. Chapter 3 is on the technique of translation. Chapters 4 through 9 present a detailed chronological exposition of Hispano-Arabic science from the tenth well beyond the thirteenth centuries. Each chapter is organised according to subjects, including, when relevant: philosophy, the occult sciences, mathematics, astronomy, astrology, physics, alchemy, technology, navigation, geology, botany, zoology, and medicine. The concluding two chapters describe Hispano-Arabic art and literature.

A short review cannot do justice to the wealth of detail devoted to all the topics listed above. For instance, the author describes the effect upon the European scholastics of speculations by the *mutakallimīn* and the Muslim philosophers concerning the nature of time and space, their divisibility or indivisibility. He asserts that Averroes' commentaries on Aristotle's *De coelo et mundo* and the *Physics* were the basis of one of the greatest reformations in human thought, the Copernican revolution. Translated into Latin and studied by the young Copernicus at the University of Cracow, the commentaries contained critiques of the geocentric system and advocated separating the study of theology from that of natural philosophy.

Book Reviews

F. Richard Stephenson and David H. Clark, *Applications of Early Astronomical Records*. Bristol: Adam Hilger, Ltd., 1978. ix + 114 pages. £ 9.50

The English astronomers Stephenson and Clark, whose *The Historical Supernovae* received wide critical acclaim, have again teamed up to write this brief monograph on early observations, their documentation, and their application to three contemporary astronomical problems.

The opening chapter gives an overview of the sources, but written on such a popular level that it could well have made an article for a general scientific journal. Their interesting series of illustrative examples is almost completely undocumented with respect to sources; they quote, for example, Clavius' eclipse observations from 1559 and 1567 (which now figure prominently in J. A. Eddy's argument that the sun has shrunk slightly since the sixteenth century), but without citing chapter, page, or even place and date of publication. Similarly, the Islamic examples from Ibn Hayyan and Ibn Yunus are scarcely identified, and there is no systematic treatment of the scope and nature of the Arabic sources. With respect to medieval material, the authors fail to specify to what extent the chronicles are actually published, nor do they mention Renaissance broadsides as documents of potential astronomical interest. The Chinese sources fare somewhat better because Stephenson has a remarkable self-taught command of Chinese. But even in this area, the astronomers in the People's Republic of China have now begun to probe the provincial chronicles (unmentioned here) with unexpected results including evidence for a new star in 1408 that may coincide with Cygnus X-1, the famous black hole candidate.

The following , longer part of the book discusses, often on a far more technical level, the specific applications to solar eclipses, to nova, and to solar activity. The eclipses are analyzed for values of the secular acceleration of the earth's rotation, but from the account as written it is difficult to know if the authors have included any previously unpublished results. Certainly a substantial part of the material on novae and supernovae is lifted from their previous book, although not without some confusion: their table 1.2 gives without comment an observation of the supernova of 1604 on October 20 whereas in *The Historical Supernovae* October 17 is given. Without pursuing the original source, it is impossible to know which is correct. The final chapter gives a very short review of the relation of sunspot and auroral records to the problem of understanding long-term solar activity.

Although this work is uneven and often frustratingly superficial, it does

NOTES AND CORRESPONDENCE

Dean A. S. Saidan reports that at the University of Jordan, Amman, Salah al-Din Hashim has successfully defended a master's thesis which is a study of al-Karkhī's *Kitāb al-Fakhrī*. The examining committee has recommended publication of the thesis.

Jan Hogendijk (Mathematical Institute, University of Utrecht, P. O. Box 80.010, 3580 TA, Utrecht, The Netherlands) is currently preparing a thesis on a treatise of the medieval Islamic scientist Ibn al-Haytham (965-1041 A. D.) on the theory of conic sections. It is the "Treatise by al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham on the Completion of the Book of Conics" *(Maqāla fī tamām kitāb al-makhrūṭāṭ)*.

In this treatise Ibn al-Haytham tries to give a restoration of the eighth book of the *Conics* of Apollonius of Perga, which book had already been lost in his time.

Only one manuscript of the work is known. This is in Manisa, Turkey (Genel 1706, see F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* (Leiden: Brill, 1974, vol. 5, p. 140). It has been published in facsimile, with an introduction in Turkish and German and a German translation of Ibn al-Haytham's preface by N. Terzioglu as: "Das achte Buch zu den 'Conica' des Apollonius von Perge. Rekonstruiert von Ibn al-Haysam" (Istanbul: Publication of the Mathematical Research Institute, 1974), no. 5.

The thesis is to contain an edition of the Arabic text, with English translation and commentary. There will also be an extensive introduction on the place of this treatise within Islamic mathematics.

à lui à Alep fin des années cinquante, et publiée dans les quatre langues: arabe, allemande, anglaise et française.

Il a été aussi un des assidus collaborateurs aux différents Congrès Mondiaux de l'Histoire des Sciences et ses conférences et articles ont été faits dans les trois langues: allemande, anglaise et française.

Sa culture multi-linguale a fait de lui une éminente personnalité parmi les arabisants et les orientalistes du monde entier, ainsi que parmi ceux qui s'interressent à l'Histoire et à la Philosophie des Sciences arabes et islamiques.

Éloge

MOHAMMAD YAHYA AL-HASCHMI



*Par Taha I. Kayali**

A LA FIN du mois d'Août 1979, le Prof. Dr. M. Y. al-Haschmi est décédé à l'âge de 75 ans, après un court séjours à l'hôpital universitaire, à la suite d'un accident vasculaire cérébral.

Prof. Dr. Al-Haschmi était un des rares syriens qui se sont donnés corps et âme à l'histoire et à la philosophie des sciences et tout particulièrement à l'histoire de l'héritage et du patrimoine arabo-islamique.

Né à Alep en 1904, il y resta jusqu'à la fin de ses études secondaires. Pendant les annés vingt et trente, il séjourna en Allemagne pour se consacrer à l'étude des sciences physico-chimiques et obtint le Doctorat en Chimie et en Philosophie de l'Université de Tübingen, après avoir présenté une étude approfondie sur le livre de al-Bairouni: le livre des Pierres. A son retour à sa ville natale, Alep, il y enseigna la chimie dans les écoles secondaires puis à l'Ecole des Ingénieurs jusqu'à l'âge de la retraite. Mais pendant toute cette longue période, il n'a cessé de travailler à l'histoire et à la philosophie des sciences arabes. Il a publié des centaines d'articles et des dizaines de livres. Parmi ces derniers, citons quelques uns des plus importants:

Un livre, *Jaʿfar al-Ṣādiq, Promoteur de l'Alchimie* (en arabe), 2e édition, Alep, 1950.

Un livre, *Die Quellen des Steinbuchs des Beruni*, Bonn, 1935.

Une périodique de la "Société de Recherche Scientifique", fondée grâce

* Faculté de Médecine, Université d'Alep.

may presume that shortly thereafter al-Zarqāllu moved from troubled Toledo to Cordova, and that he wrote a new treatise for al-Muᶜtamid to compensate for the fact that he had previously written one, or maybe even two, for al-Muᶜtamid's rival al-Ma'mūn.

Now that all of al-Zarqāllu's treatises on his *ṣafīḥa*, as well as a treatise by him on the planisphaeric astrolabe, are known to exist in the original Arabic, a closer investigation of his works on instruments would be worthwhile. In such an investigation it should be borne in mind that the available evidence does not indicate that the astronomers of Muslim Spain contributed much that was original, and the extent to which al-Zarqāllu might have been influenced by earlier Eastern Arabic sources must remain a matter of speculation. The early ninth-century Damascus astronomer Ḥabash is known to have written on the plate of horizons, to which the single *shakkāzīya* plate is closely related.[22] His treatise is lost, but another was written by the mid-tenth century scholar of Shiraz, al-Sijzī, and this has recently been located in a unique copy in Damascus.[23] It may eventually be possible to prove that the *shakkāzīya* grid is of Greek origin:[24] I find it curious that the European name for this plate was "meteoroscope".[25] Ptolemy used the terms astrolabe and meteoroscope, the first referring to both spherical and planisphaeric instruments, and the second, known only from the commentary of Pappus to Book V of the *Almagest*, referring to a related spherical instrument.[26]

22. The evidence for this is a remark by a later Maghribi astronomer al-Thaqafī, recorded by Morley in *Gunther*, I, p. 7, note 12. (For Morley's "Hanash" read "Ḥabash".)

23. MS Damascus Ẓāhirīya 9255, copied *ca.* 1500 AD. On al-Sijzī see the article in *DSB* by Y. Dold-Samplonius.

24. See *Samsó* 4, p. 2.

25. See for example, *North*.

26. See *Rome* and *Neugebauer*, II, p. 941.

Notes added in proof

1. The Aya Sofia manuscript of the treatise in 80 chapters mentioned in note 21 is in fact anonymous. However, another copy of what appears to be the same work, now arranged in 79 chapters and attributed to al-Zarqāllu, has come to light in MS Istanbul Nuruosmaniye 2926,6 (fols. 118r-150r, late copy in two different hands).

2. Prof. Franz Rosenthal of Yale University kindly suggested to me various minor corrections to my readings of difficult passages and I have incorporated these into the text of the article. In particular Prof. Rosenthal noted that in the extract from al-Baklamshī presented on p. 248 we should perhaps read *al-asṭurlāb al-mughnī... al-mustanbaṭ min al-zarkālīya wa-l-shakkāzīya*, which would mean "the universal astrolabe... derived from the *zarqāllīya* and the *shakkāzīya* (plates)". This not only makes better sense but also accords with the fact that one of al-Baklamshī's predecessors in Syria in the fourteenth century had compiled a treatise on a universal instrument which he labelled *al-asṭarlāb al-mughnī*. A translation of this treatise is contained in my forthcoming monograph on the instruments of Ibn al-Sarrāj (see note 20 above), which is to be published by the Benaki Museum.

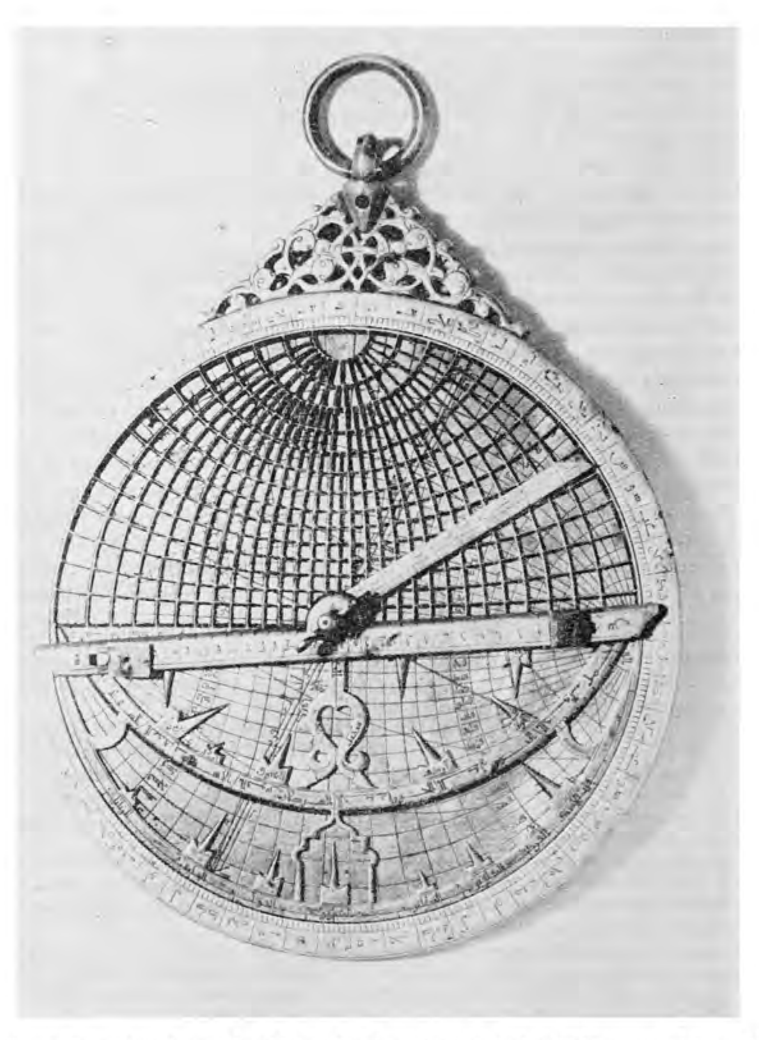


Plate 5: The universal astrolabe of Ibn al-Sarrāj preserved in the Benaki Museum in Athens. This instrument differs from that of ʿAlī ibn Khalaf in that it contains a series of plates and a special trigonometric grid on the back; it is in fact an astrolabe which can be used universally in four different ways. (Courtesy Benaki Museum, Athens)

used in all of the known treatises on the instrument thereafter, except for those noted above. When the universal astrolabe was invented again in Aleppo in the early fourteenth century by the astronomer Ibn al-Sarrāj,[20] who says he hit upon the idea after contemplating the solution of the problem of determining the hour angle from a celestial altitude with a *shakkāzīya* plate, he called the instrument *al-Sarrājīya* after himself. Nevertheless, the idea behind his instrument, illustrated in Plate 5, goes back at least to a herbalist of eleventh-century Toledo.

According to the dates given in the Leiden manuscript al-Zarqāllu wrote his treatise on the *ṣafīḥa zarqāllīya* almost twenty-five years before Ibn Khalaf made his universal astrolabe for al-Ma'mūn. Our source states that Ibn Khalaf actually made an instrument for al-Ma'mūn, but his treatise on its use in the *Libros del Saber* is also dedicated to al-Ma'mūn. Now al-Zarqāllu wrote three separate treatises on his instrument, rather than two as is generally acknowledged. Those in 100 and 60 chapters are well known, and are both now available in the original Arabic; also, a unique copy of a treatise in 80 chapters by al-Zarqāllu, dedicated to a ruler whose name is not specifically mentioned, has recently been identified in Istanbul.[21] This treatise contains a star catalogue for the year 459 Hijra (= 1067) and thus postdates his treatise in 100 chapters, if this was indeed compiled about 440 Hijra. The treatise in 60 chapters is in some versions dedicated to the *amīr* al-Muᶜtamid ibn ᶜAbbād, who came to power in 461 Hijra (= 1069) when al-Ma'mūn was still in power in Toledo, and who finally wrested Cordova from al-Ma'mūn in 471 Hijra (= 1078). We

20. On Ibn al-Sarrāj see *Suter*, no. 508 (confused), and on his astrolabe see *Gunther*, I, pp. 284-285 and *Maddison-Turner*, no. 61. I have prepared a detailed analysis of this instrument using some medieval treatises on its use: see *King* 2 for a summary.

21. A unique copy of a treatise in 80 chapters dedicated to a ruler who is not named (probably the Caliph al-Ma'mūn of Toledo) is MS Istanbul Aya Sofia 2671,1 (fols. 1r-75r, 621H). This manuscript, listed in *Krause*, p. 482, has not been previously identified as a copy of a treatise distinct from the other two (see below). The same Istanbul manuscript contains (fols. 133v-151v, *cf. Krause*, p. 525, no. 15) a treatise on the planispheric astrolabe which can from internal evidence also be attributed to al-Zarqāllu. See the first note added in proof on p. 255.

The treatise in 100 chapters is extant in several manuscripts, including MSS Escorial 962 (*cf. Renaud*, p. 101), Istanbul Esat 3804,3 (fols. 123-146, 665H – listed as anonymous in *Krause*, p. 526), and Cairo Dār al-Kutub *mīqāt* 647 (61 fols., *ca.* 600H). It was translated into Castilian and included in the *Libros del Saber* (III, pp. 135-237).

Al-Zarqāllu's treatise in 61 chapters is extant in MS Cairo Dār al-Kutub *hay'a* 40 (54 fols., *ca.* 950H, anonymous). Two later copies of the same treatise (both entitled *al-Shakkāzīya* – *cf. King* 1, p. 219, note 1) arranged in 60 chapters are MSS Istanbul University Library A4800 and Cairo Taymūr *riyāḍa* 131,4. This treatise was translated into Hebrew and Latin (both published in *Millás* 3) and exerted considerable influence in Europe (*cf. Poulle*).

Also related to these is an anonymous treatise in 130 chapters extant in MS Leipzig Karl-Marx-Universitätsbibliothek 800 (*cf. Millás* 2, pp. 447-448). This was either incorporated into or taken from the *Kitāb Jāmiᶜ al-mabādi' wa'l-ghāyāt* of Abū ᶜAlī al-Marrākushī, a compendium on astronomical instruments compiled in Cairo in the late thirteenth century (*cf. Sédillot-fils*, especially p. 183-184).

we have mentioned before and who was known as al-Sḥ'wy" had made an instrument in 464 Hijra (= 1071-72) for al-Ma'mūn, *amīr* of Toledo, which he had called *al-asṭurlāb al-Ma'mūnī*, and which had a universal (set of) horizon(s). The orthography al-Sḥ'wy is easily conceived as a corruption of al-Shajjār, especially by an Egyptian who might have been influenced by a well-attested name like al-Sakhāwī. The Arabic text reads as follows:

ق ٨٨ و ... مبهم من سكان طليطلة وجهاتها ابو الحسن على بن خلف بن اخير [!] الصيدلاني وابو اسحق ابرهيم بن يحيى النقاش المعروف بولد الزرقاد [!] ... ... وابرعهم في الهندسة الصندلاني [!] ...

ق ٩٠ ظ : ... ومنهم الفاضل التحرير المتقدم ذكره ابـو اسحق ابرهيم الاندلسي الملقب بالزرقالي الذي استنبط الزرقاله [اقرأ : الزرقالة] وصنف في العمل بها ماية باب في حدود سنة اربعين واربع ماية ومنهم ابو الحسن على بن خلف بن اخير [!] المتقدم ذكره ويعرف بالسحاوى صنع الة للمامون ذي المحدى [؟] ابي الحسن يحيى بن ذي النون الامير بطليطلة من الاندلس بعد انقراض الدولة الاموية ولقبها بالاسطرلاب المامونى ذات الافق الشامل سنة اربع وستين واربع ماية هجرية ...

Compare the published text of Ṣā^cid al-Andalusī:

ص ٧٥ ... فمنهم من سكان طليطلة وجهاتها ابو الحسن على بن خلف بن احمر وابو اسحق ابرهيم بن يحيى النقاش المعروف بولد الزرقيال ... ... وابرع هؤلاء في الهندسة على بن احمر الصيدلاني [انظر ص ١٢٤]

From these sources preserved in El Escorial, Hyderabad, and Leiden, we might perhaps conclude that *shakkāz* is a corruption of *shajjār*, "herbalist". The confusion of a Maghribi *j* for a *k* by a non-Maghribi copyist is conceivable, and the change from *r* to *z* in Arabic requires only a dot. The Hyderabad manuscript informs us that the astronomer al-Shajjār bore the name ᶜAlī. The Leiden manuscript informs us that al-Shajjār (written *al-Sḥ'wy*) was none other than ᶜAlī ibn Khalaf himself. Since the Escorial manuscript refers to this individual as Abu'l-Shajjār it might be that we should read Ibn al-Shajjār and consider the epithet al-Shajjār as referring to ᶜAlī's father Khalaf. ᶜAlī himself is referred to by Ṣāᶜid al-Andalusī as al-Ṣaydalānī, "the apothecary". On the other hand there is no reason why ᶜAlī ibn Khalaf could not have been both a herbalist and an apothecary.

The fact that some medieval authors, or at least copyists, were uneasy about the orthography of *al-shakkāz* is indicated by the existence of an anonymous treatise on the *ṣafīḥa shakkāzīya* entitled *al-Sakkājīya*,[17] and by the fact that in a treatise by an individual named Abu'l-Fatḥ ibn ᶜAbd al-Raḥmān al-Danūshirī, the *shakkāzī* quadrant is called *rub*ᶜ *al-shankāzīya*.[18] But even Abū ᶜAlī al-Marrākushī, an astronomer of Moroccan origin who worked in Cairo in the late thirteenth century, used the term *shakkāzīya*,[19] which was

17. Extant in MSS Cairo Dār al-Kutub Zakīya 706,1 (fols. 1v-8v, *ca.* 1100H) and Alexandria Municipal Library D 2052, 1 (fols. 1v-14r, *ca.* 1150H).

18. Extant in MS Tunis Ṣadiqiya Riḍwān 108 (not examined): *cf. Samsó* 1, p. 391, and 3, p. 183.

19. *Cf. Sédillot-fils*, p. 183. On Abū ᶜAlī al-Marrākushī see *Suter*, no. 363.

Estas son las figuras de la regla. et dell alhidada dell estrumento á que llaman la azafeha.

Esta es la regla a que llaman orizon enclinado que deue seer puesta sobre la faz de la Lamina .

Esta es la regla a que dizen atrauessada .

Esta es ell alhidada que deue seer puesta en las espaldas de la Lamina.

19

Plate 4: The alidade to be used with al-Zarqãllu's plate, illustrated in the *Libros des Saber*

(Courtesy Harvard University Library and Owen J. Gingerich)

The appellation *shajjār* is attested in classical Maghribi Arabic and means "botanist" in the modern sense of "herbalist."[12] For reasons which become apparent below, I think that Ibn al-Shajjār is more likely than the Abu'l-Shajjār which occurs in the text. Nevertheless, this text seems to imply that al-Zarqāllu wrote an early treatise on his plate, that Abū/Ibn'l-Shajjār added a rete to this plate, and that al-Zarqāllu was thereby prompted to write his treatise in 100 chapters.

A second source for our study is the unique copy of the *Zij* of Ibn Isḥāq, an astronomer of thirteenth-century Tunis, recently rediscovered in MS Hyderabad Andra Pradesh State Central Library 298 (440 pp., copied *ca.* 800H).[13] This work is a valuable new source for the history of astronomy in the Maghrib. In a list of earlier observers Ibn Isḥāq lists two individuals ᶜAlī al-Shajjār and Ibn Wāfid as astronomers who made observations in Toledo in 477 Hijra (= 1084-85). From this information, we learn that Abū/Ibn al-Shajjār was named ᶜAlī and that he collaborated with Ibn Wāfid, who is well-known for his work on pharmacology and medicine.[14] However, Ibn Wāfid's date of death is generally accepted as 1075 A. D.

Our third new source is MS Leiden Universiteitsbibliotheek 468 (282 fols., copied *ca.* 750H), a unique incomplete copy of a treatise on timekeeping by an unidentified early-fourteenth-century Egyptian astronomer.[15] Here the author quotes a version of Sāᶜid al-Andalusī's *Ṭabaqāt al-umam*, and mentions (fol. 88r) Abu'l-Ḥasan ᶜAlī ibn Khalaf ibn K͟hyr (!) al-Ṣaydalānī (written without diacritical marks) along with al-Zarqāllu as a scholar of Toledo and as a distinguished geometer (here the name is simply al-Ṣaydalānī although actually the manuscript has al-Ṣandalānī). However, later in the text (fol. 90v), our author quotes a different work by Ṣāᶜid al-Andalusī entitled *Kitāb Ṭabaqāt al-ḥukamā'*,[16] and states that al-Zarqāllu wrote a treatise in 100 chapters on an instrument called the *zarqālliya* which he invented around 440 Hijra (=1048-49), and that Abu'l-Ḥasan ᶜAlī ibn Khalaf ibn Akhyr "whom

12. *Dozy*, I, p. 730.

13. On Ibn Isḥāq see *Suter*, no. 356.

14. On Ibn Wāfid (1008-1075) see the article in *DSB* by J. Vernet. He was not previously known to have conducted astronomical observations.

15. On this manuscript see *Voorhoeve*, p. 153. The work is based mainly on the treatise of Abū ᶜAlī al-Marrākushī (see note 19 below) and the thirteenth-century Egyptian *Muṣṭalaḥ Zīj*, but it also contains interesting historicel information.

16. On the available works of al-Andalusī see the remarks of R. Blachère in *Ṣāᶜid al-Andalusī*, tr., pp. 12-15.

It is of interest that the Egyptian scholar Ibn al-Qifṭī (on whom see the article "Ibn al-Ḳifṭī" in EI_2 by A. Dietrich) used the *Ṭabaqāt al-umam* of Sāᶜid al-Andalusī, but Ibn al-Qifṭī's biographical dictionary is extant only in a recension in which ᶜAlī ibn Khalaf is not mentioned. A more careful investigation of the historical and bio-bibliographical material in the Leiden manuscript would be worthwhile, not least because the author adds to his quotes from Sāᶜid al-Andalusī's works some information on several Egyptian scientists from the thirteenth century whose names are new to the modern literature.

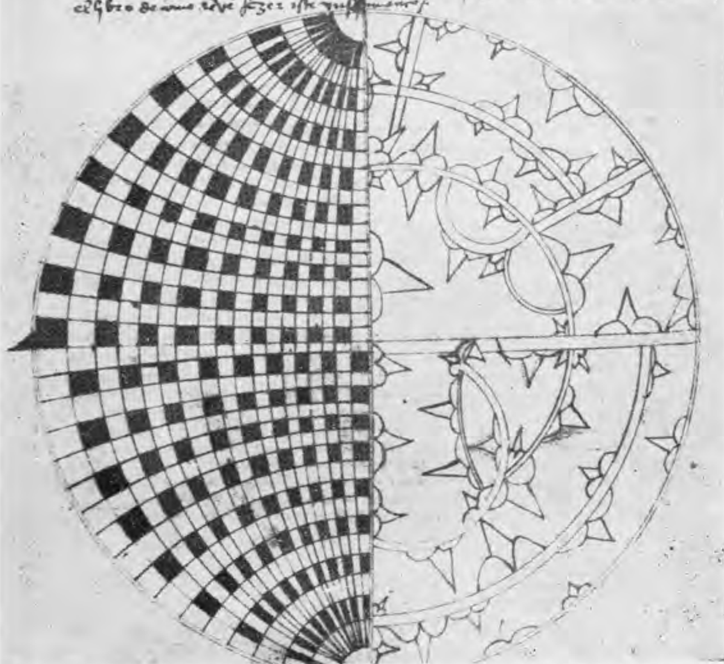


Plate 3: The rete of ʿAlī ibn Khalaf's universal astrolabe illustrated in MS Madrid Biblioteca Nacional L 97.

(Courtesy Biblioteca Nacional, Madrid)

no biographical information) extant in the unique copy MS Cairo Taymūr *riyāḍa* 159,1 (pp. 1-61, copied 1320H!), we read:

... وبعد فاني لما رايت الناس في الحديث والقديم قد وضعوا على الالات الاوقاتية رسائل كثيرة لا سيما على الاسطرلاب ولا وضع احد منهم على احد الصفيحتين رسالة اعنى صفيحة الشيخ ابي اسحاق ابراهيم الطليطلى شهر بالزرقالى رحمه الله والصفيحة المنسوبة للشكازى وهما مع ذلك احسن الالات لعمومهما في جميع العروض ...

... When I saw that people in former times and recently had prepared many treatises on instruments for timekeeping, especially on the astrolabe, but no one had prepared a treatise on either of the two *ṣafīḥas*, I mean the *ṣafīḥa* of Shaykh Abū Isḥāq Ibrāhīm of Toledo, known as al-Zarqāllu, may God have mercy upon him, and the *ṣafīḥa* attributed to al-Shakkāzī, and since these two instruments are nevertheless the best ones because of their universality...

If al-Tujībī thought so much of al-Shakkāzī's *ṣafīḥa* it is curious that he did not invoke God's mercy on al-Shakkāzī as well as on al-Zarqāllu. I suspect that al-Tujībī was not too sure about the identity of al-Shakkāzī. In the treatise on the single *shakkāzīya* quadrant by the early fourteenth-century Aleppo astronomer ʿAlā' al-Dīn Ṭībughā al-Dawadār al-Baklamshī, extant in MS Cairo Dār al-Kutub *mīqāt* 774 (14 fols., copied 864H),[10] we find already some confusion between the personal name al-Shakkāzī and the instrument *al-shakkāzīya*: [See the note added in proof on p. 255]

اما بعد فقد تقدم وضع الاصطرلاب المغنى في الاعمال النجومية بكل العروض الافاقية المستبط من الزرقاله والشكازية..

... There has already been made a universal (*mughnī* = dispensing with plates for different latitudes) astrolabe for solving astronomical problems for all latitudes, invented by al-Zarqāllu and *al-shakkāzīya*..

I shall now present three new sources which seem to indicate that *al-shakkāzī(ya)* is a corruption of another word. We begin with MS Escorial ar. 962 (82 fols., copied *ca.* 700H?) of al-Zarqāllu's treatise in 100 chapters on the use of his *ṣafīḥa*. In the colophon of this particular copy of his treatise (fols. 81v-82r)[11] we read the following onte:

... كل كتاب الشيخ الاجل العلامة ابي اسحاق المعروف بالزرقاله في الصفيحة العامة لعروض البلدان والافاق وهي التي صنعها اخرا بعد معارضة ابي الشجار له في الاولى باخرا عملها وصنع فيها شبكة فادى ذلك الى عمل هذه وصلى الله على سيدنا محمد ...

which seems to mean (free translation):

The book of ... al-Zarqāllu of the plate which is universal for all latitudes and horizons is finished. This is the plate which he constructed finally (?) after Abu'l-Shajjār had made another plate similar to al-Zarqāllu's first plate but on which he had constructed a rete. This led to al-Zarqāllu's making the instrument described in this treatise.May God bless and save our Lord Muhammad,

10. On al-Baklamshī see *Brockelmann*, II, p. 135, and SII, p. 167. Ḥājjī Khalīfa states that al-Baklamshī invented the *Shakkāzīya* quadrant (see *Samsó-Catalá*, pp. 7 and 11), by which is meant that he was (perhaps) the first to consider the solution of problems of spherical astronomy approximately using a quadrant of *shakkāzīya* curves and a thread attached at the centre. The treatise attributed to Ibn Ṭībughā preserved in MS Cairo Dār al-Kutub *mīqāt* 64,4, fols. 63v-73v, copied 803H, which is considered in *Samsó-Catalá*, may be by ʿAlī ibn Ṭībughā, a *muwaqqit* of Aleppo who was perhaps the son of al-Baklamshī. Another copy of the treatise by Ṭībughā al-Baklamshī himself is MS Princeton Mach 4912 = Yehuda 373, fols. 149v-157v, copied 1060H.

11. *Cf. Renaud*, p. 501.

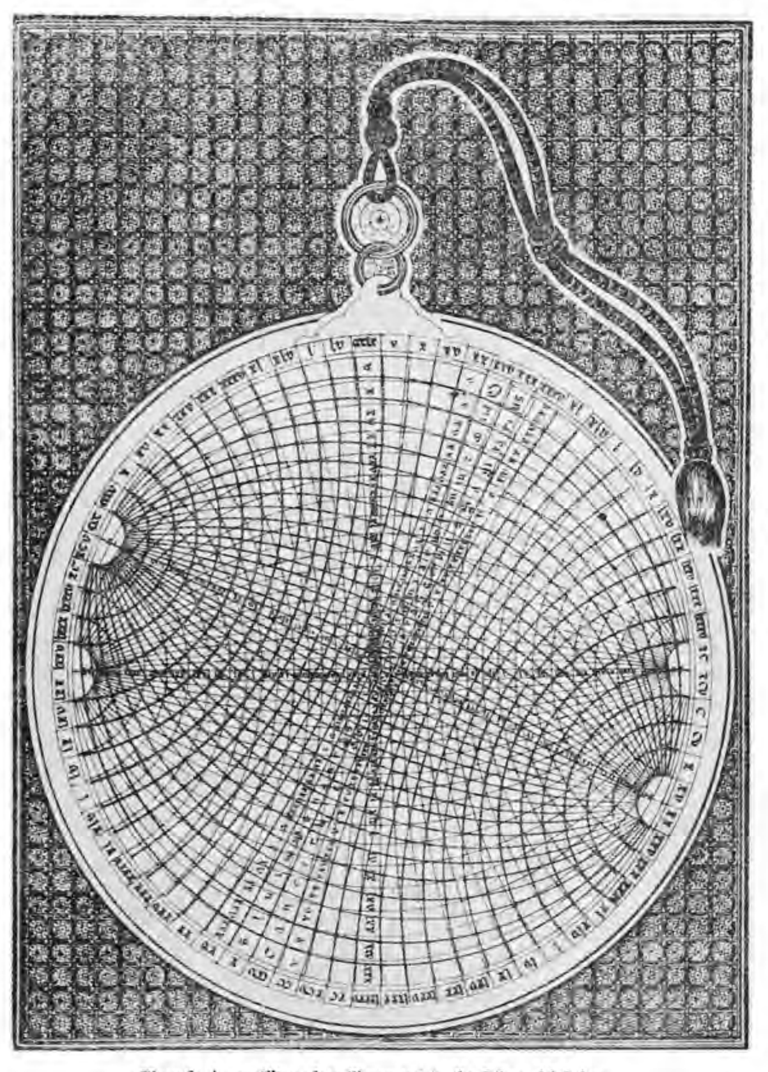


Plate 2: A *zarqālliya* plate illustrated in the *Libros del Saber*.

(Courtesy Harvard University Library and Owen J. Gingerich)

is mentioned along with al-Zarqāllu in the eleventh-century biographical work entitled *Ṭabaqāt al-umam* by Ṣā^cid al-Andalusī (born Almeria, 480/1029, *fl.* Toledo, died 456/1064).[5] His astrolabe, which is known only from the description in the thirteenth-century *Libros del Saber*, bears a rete, shown in Plate 3, part of which is a semicircle of *shakkāzīya* curves. This rotates over a *shakkāzīya* plate, and with such a device, problems of spherical astronomy, which are essentially problems of conversion of coordinates on the celestial sphere, can be solved with facility for any latitude. Al-Zarqāllu proposed an alidade fitted with a perpendicular rule, shown in Plate 4, to replace the rete of Ibn Khalaf's astrolabe, and both devices can be used toward the same end, namely, the solution of problems of spherical astronomy for all latitudes. Since Ibn Khalaf's rete for his universal astrolabe also included a projection of the ecliptic and the fixed stars, his instrument is superior to al-Zarqāllu's plate and alidade.[6]

In later Islamic astronomy Ibn Khalaf's astrolabe was apparently not known outside Andalusia, but both the *ṣafīḥa shakkāzīya*, with one set of *shakkāzīya* markings, and the *ṣafīḥa zarqāllīya*, with two sets, were popular, and there are several later treatises in Arabic, Persian, and Turkish, on the use of one or the other.[7] In some recent publications Profs. J. Samsó Moya and M. A. Catalá have drawn attention to a *shakkāzīya* quadrant, and I have discussed a double *shakkāzīya* quadrant. All of our studies were based on fourteenth- and fifteenth-century Syrian and Egyptian sources.[8] In none of these treatises on the universal astrolabe or quadrant currently known to me is there an indication of the origin of the mysterious word *shakkāzīya*.

Prof. Samsó has collected various references to the epithet *shakkāz*, "bleacher of hides", and to a quarter in medieval Toledo where such people worked.[9] One could infer that the originator of the single plate bearing this grid was called al-Shakkāz, so that his plate was called *al-ṣafīḥa al-Shakkāzīya* and the subsequently-developed quadrant was called *al-rub^c al-Shakkāzī* or *rub^c al-Shakkāzīya*, both of which are attested. This derivation must be considered as a serious possibility. To support Prof. Samsó's thesis I can cite one medieval text which implies that the term *shakkāzī* relates to the name of the individual who invented the grid. In a treatise on the use of the *shakkāzīya* grid by an astronomer named ^cAbd Allāh ibn Muḥammad al-Tujībī (on whom we have

the recent literature is in *Maddison-Turner* (preprint), pp. 123-125. Likewise, ^cAlī ibn Khalaf himself is omitted from *Suter* and *Brockelmann*.

5. *Cf. Ṣā^cid al-Andalusī*, ed., p. 75, and trans., pp. 138-139. See also note 16 below.

6. *Cf.* J. Vernet in his article "al-Zarqālī" in *DSB*, where it is suggested that al-Zarqāllu's plate is an instrument superior to that of ^cAlī ibn Khalaf.

7. A survey of Islamic writings on universal astrolabes and quadrants is in preparation.

8. *Cf. Samsó* 1, 2, and 3; *Samsó-Catalá*; and *King* 1.

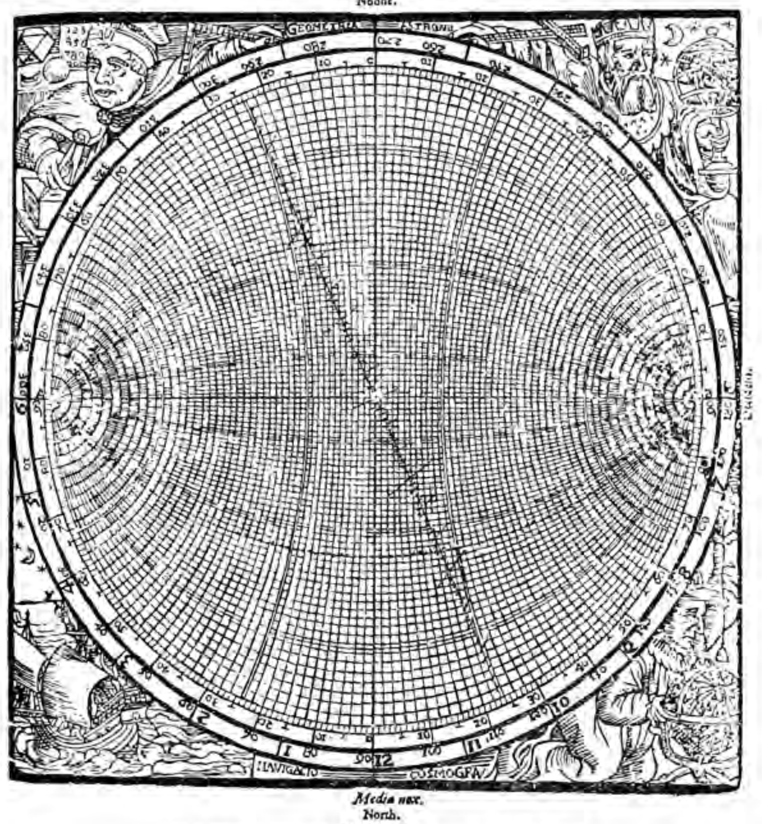
9. *Samsó* 3, p. 187.

MARGARITA MATHEMATICA.

Astronomis nobilissimum, Geometris iucundissimum, Nauigantibus praestantissimum, Cosmographis commodissimum, Philosophis, Medicis, & aliquid sublime affectantibus gratissimum, Tyronibusq; facillimum.

The handle is heare to be set on.

Meridies.
Noone.



Media nox.
North.

Per *Ioannem Blagrauum* Readingensem, conditum, editum, & Sculptum.

1584.

Plate 1: A *shakkāziya* plate illustrated in the treatise of John Blagrave of Reading published in 1581 and dealing with a universal astrolabe of the kind invented by ʿAlī ibn Khalaf.
(Courtesy R. Webster, Adler Planetarium, Chicago)

On the Early History of the Universal Astrolabe in Islamic Astronomy, and the Origin of the Term "Shakkazīya" in Medieval Scientific Arabic

DAVID A. KING*

FOR SOME YEARS I have been interested in the origin of the name of a medieval Islamic astronomical instrument, the *ṣafīḥa shakkāzīya*.[1] My interest was first aroused by a remark of Prof. Willy Hartner, who, in his valuable study of the astrolabe stated: "another early variety of Al-Zarqālī's astrolabe is the *ṣafīḥa shakkāziyya* (or *shakāriyya*), about which we do not yet possess any accurate information."[2]

The term *shakkāzīya* relates to a grid as shown in Plate 1. The *ṣafīḥa* of al-Zarqāllu (*fl.* Toledo and Cordova, died *ca.* 1090)[3] consists of two such grids superimposed on a single plate at an angle equal to the obliquity of the ecliptic: see Plate 2. Al-Zarqāllu is known to have proposed such a double *shakkāzīya* grid with a special alidade, and this is generally accepted as a simplification of the universal astrolabe of the contemporary Toledo scholar Abu'l-Ḥasan ʿAlī ibn Khalaf ibn Aḥmar (?) al-Ṣaydalānī (= the apothecary).[4] Ibn Khalaf

* Department of Near Eastern Languages and Literature, New York University, Washington Square, New York, N. Y. 10003, U.S.A.

1. The research on the history of Islamic science that was conducted at the American Research Center in Egypt from 1972 to 1979 was financed mainly by the Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington, D.C., and also by the American Philosophical Society (1972-74) and the Ford Foundation (1976-79). This support is gratefully acknowledged.

It is a pleasure to express my gratitude to the directors of the Municipal Library in Alexandria; the Egyptian National Library in Cairo; the Ẓāhirīya Library in Damascus; the Biblioteca de El Escorial; the Andra Pradesh State Central Library in Hyderabad; the Süleymaniye Library in Istanbul; Istanbul University Library; and the Universiteitsbibliotheek in Leiden for the privilege of working in their manuscript collections. Microfilms of the Madrid manuscript of the *Libros del Saber* and the published text were kindly provided by the Biblioteca Nacional, Madrid, and Harvard University Library (courtesy of Prof. Owen J. Gingerich), respectively. The photograph of Ibn al-Sarrāj's astrolabe was kindly provided by the Benaki Museum, Athens. My thanks go also to Mr. and Mrs. Roderick Webster of the Adler Planetarium, Chicago, for their generosity in providing me with photographs of medieval instruments and, in particular, with the photograph of Blagrave's "*shakkāzīya*" plate.

2. *Hartner*, p. 317 (reprinted from EI_2, I, p. 727). (Italicized abbreviations are references to the bibliography).

3. On al-Zarqāllu see the article "al-Zarqālī" in *DSB* by J. Vernet and the references there cited, especially the various studies of J. Millás Vallicrosa.

4. ʿAlī ibn Khalaf's treatise is in *Libros del Saber*, III, pp. 1-132, and has been discussed in *Millás* 1, 2, and 3. On the identity of the author see especially *Millás* 2, pp. 443-446 and 3, pp. xxx-xxxvi, and also *Vera*, pp. 93-95. ʿAlī ibn Khalaf's instrument is generally overlooked in modern studies of the astrolabe: thus, for example, it is not mentioned at all in *Michel*, and the only account of it in

Libro de las Cruzes at a time when Muslim Spain had reached its golden century, not only in astronomy but in most other branches of culture as well. Undoubtedly he improved the book, explained obscure passages which were ambiguous or too condensed, and introduced quotations of authors inaccessible to Andalusian astrologers of the past, such as Ptolemy,[108] Hermes,[109] and Abū Maᶜshar.[110]

108. Ptolemy's *Tetrabiblos* is quoted in the *Libro de las Cruzes*, p. 161, but this chapter (LIX), as we have seen, seems to be an Alphonsine addition; there is a reference to the *Karpos* (*Kitāb al-thamara*) in MS Escorial 916 f. 189r.

109. MS Escorial 916 f. 192v and 193r. These two quotations do not appear in the Alphonsine text. The latter (and probably the former too) corresponds to Hermes' *Kitāb al-ᶜarḍ fī'l-asᶜār*.

110. *Libro de las Cruzes*, p. 9, where Abū Maᶜshar's *Kitāb al-qirānāt* is quoted.

dered (Saturn, Jupiter, Mars, and the Sun) are represented graphically in the characteristic horoscopes of the *Libro de las Cruzes*.[104] A comparison between this Arabic text and the much more developed Castilian translation (576 "figuras")[105] suggests the possibility that, in some cases, the former might represent the pre-ᶜUbayd Allāh version of the work.

A summary of what I have said so far should emphasize the fact that an analysis of this book might establish clearly which were the astrological techniques used by ancient astrologers of Northern Africa and Spain who did not use the subtleties of Hellenistic and Oriental astrology. I have already said that the most primitive group of predictions seems to correspond to a set of chapters in which a presage is based on the position of Saturn and Jupiter in the different triplicities. Thus, according to what we know of al-Ḍabbī's *urjūza*, there was no need — for that kind of prediction — to establish the ascendant or the astrological houses. When this need appears, in chapters which bear witness to a more developed technique, I have the suspicion that the identification between zodiacal signs and houses is reminiscent of a stage in which the beginning of the ascendant and that of the other houses was made to coincide with the beginnings of the zodiacal signs. The position of the planets is never fixed with the least degree of precision, and when this kind of requirement appears in the book, it is probably because we are dealing with an Alphonsine addition.[106] To cast a horoscope according to the rules fixed by the *Libro de las Cruzes* we only need to know in which sign we can find Saturn, Jupiter. Mars, the Moon, and sometimes the ascending or descending nodes. All this makes one wonder whether late Visigothic and early Muslim Spain knew planetary tables — similar to those known through Greek and Demotic texts of the Roman imperial period — which allowed one to determine at a glance the sign in which a planet was located at a given moment.[107] On the other hand a critical remark by ᶜUbayd Allāh on astrologers who calculated conjunctions according to the mean positions of the planets reminds one of the rules given by Vettius Valens for that purpose. It is a fact that astronomical tables were used in the first half of the 9th century by astrologers such as Ibn al-Shamir but we do not know which they were and if astronomical knowledge in that early period in al-Andalus was sufficient to apply them correctly. This seems to be the kind of situation ᶜUbayd Allāh had to face when he rewrote the

104. As described in *Libro de las Cruzes*, pp. 6-7 and in MS Escorial 916 f. 190v. The horoscope is represented by means of three straight lines which intersect at the same point, thus forming three crosses. Odd numbered houses (I, III, V, VII, IX, XI) correspond to the ends of the lines (called *awtād*, "estacas"), while even houses (II, IV, VI, VIII, X, XII) are represented in the angles between the lines (*zawāyā*, "angulos").

105. *Libro de las Cruzes*, pp.12-18.

106. Cf. for example *Libro de las Cruzes*, pp.160-161 and Sánchez Pérez's analysis of this passage in *Isis*, 14 (1930), 124-127.

107. Neugebauer, *HAMA*, vol. II, p. 785 ff.

generation et de corruption, *que fazen las coniunctiones por los meyos cursos non mas, et non paran mientes a al.* Et los fechos de las planetas non pareçen si non segunde sus equationes et segunde sos logares endreçados con todas sus equationes, et con todas sus diuersidades, et guardando el mouemento tàrdio, que es el mouemento de la ochava espera el que por el su mouemento se camyan todos los otros mouimentos, que muchos de los que compusieron las tablas oluidaron este mouimento, et nol guardaron, et fizieron las coniunctiones grossament, *et muchos dellos que las fazen por los meyos cursos no mas.* Et assi como son de guardar estas cosas sobredichas en las coniunctiones de las planetas, assi son de aguardar en las coniunctiones et en las oppositiones de las luminarias; ca si assi no fueren endreçadas, non se ueriguaran los sus fechos et erraran los iudizios et las significationes que dellas sallen.[99]

The previous quotation establishes that astrological predictions should be based on true planetary positions and should also consider the precession of equinoxes.[100] It also includes a reference to astrologers who established these positions according to the mean motions of the planets, and this makes me wonder whether these astrologers were al-Ḍabbī and his contemporaries who, in order to calculate planetary positions in their horoscopes, may have used rules similar to those of Vettius Valens by which means mean positions of the outer planets could be obtained.[101]

Finally, another quotation of the Alphonsine text may be of some use to establish ᶜUbayd Allāh's role in his edition of the *Libro de las Cruzes*:

Et bien auemos hata aqui esplanado et departido esta razon desta yente, maguer que ellos la digan muy bref et muy encerrada. Et desto se pueden entender todos sus dichos deste libro, ca ellos los dizen muy bref que non y fazen si non las figuras de las cruzes non mas.[102]

This passage is clear to the reader of the book who can easily observe that the majority of the chapters contain a general rule (with the corresponding astrological forecast) and a development of it which, following apparently the principles of an *ars combinatoria*, establishes all possible cases to which the preceding rule can be applied. These developments occupy a considerable number of pages in the book as they amount — in the present state of the Alphonsine version — to 3505 combinations (called "constellationes" or "figuras" in the Castillian translation), if I am not mistaken. An idea about the primitive version of the text can be obtained by studying the Arabic text of Chapter VI of the *Libro de las Cruzes*,[103] in which the general rule is followed by only a short number of twenty examples in which the four "planets" consi-

99. *Libro de las Cruzes*, p. 10.

100. Obscure references to the precession of the equinoxes appear in Chapter XI (p.68) of the *Libro de las Cruzes*, the author of which seems to be ᶜUbayd Allāh, although there are observations by "el transladador" (i.e. Yehudah b. Mosheh). The passage in question is not clear and precession seems often to be confused with allusions to *combustion (quemazon, iḥtirāq)* used here in its standard meaning (see above, n. 75).

101. O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (hereafter HAMA), (Berlin-Heidelberg-New York, 1975), pp. 793 ff.

102. *Libro de las Cruzes*, p. 12.

103. MS Escorial 916 f. 191r.

characteristic of the system of the crosses is, according to ʿUbayd Allāh himself, that it considers planetary positions at a given moment, and does not refer to a previous date which could be, in the case of world astrology, the *radix* date of the great primitive conjunction or, in the case of a nativity horoscope, the date and hour of the subject's birth.[94] The system is sound, although ʿUbayd Allāh considers that predictions based on it should be confirmed by the use of "eastern" methods.[95] It also seems that one of the modifications introduced by ʿUbayd Allāh in the primitive version of the book was a systematic elucidation of ambiguous presages.[96] The Alphonsine text establishes clearly, in the majority of cases, the king, people, or country affected by a given forecast,[97] and this — according to ʿUbayd Allāh — did not appear in the first recension of the book. Another important passage of ʿUbayd Allāh's prologue may give us a hint as to the methods used by the first Andalusian astrologers to calculate planetary positions before Eastern astronomical tables were introduced in Spain.[98] Thus, when he has commented on the conjunctions of 397/1006-07 and 459/1066-67, he adds:

> Et estas coniunctiones sobredichas fueron fechas et endreçadas segund las equationes uerdaderas, endreçando todos los mouementos de los cielos et endreçando todas las maneras de las equationes et de los mouementos, que *estas coniunctiones non fueron fechas segund fazen los que non saben uerificamento de los fechos et de los poderes de las estrellas*, de que manera pareçen en el mundo de

94. *Libro de las Cruzes*, p. 5: "Et yo [= Oueydalla] falle este libro que fabla de las cruzes desta manera simple ment por si en las costellationes de las cruzes apartada ment, non tomando rayzes de coniunction ninguna, nin de reuolution, si non por si apartada ment". This is often corrected by ʿUbayd Allāh in his revision of the text as, in order to establish clearly who is the king or country affected by a given presage, he frequently refers to the nativity horoscope of the king or the horoscope of his accession to the throne; see notes 96 and 97 below.

95. *Libro de las Cruzes*, p.5: "Mas estas costellationes de que en este libro fablamos, et son de lo que obrauan las yentes que nombramos antes destas ["estas" means Eastern astrologers] son mucho apoderadas significationes, por que son puestas sobre grandes rayzes et fuertes cymientos. Et el qui estas constellationes pusiere en logar de rayzes et de cymientos en los accidentes del mundo, et de pos desto se aiudare de las sotilezas et de los departimientos que son manifiestos en los libros destos otros sabios, puede llegar a lo que quiere".

96. *Libro de las Cruzes*, p.6: "Et yo [= Oueydalla] pare mientes en los indiçios desta yente que iudgaban con estas figuras, et ui que en unas constellationes dizian que significauan destruction de rey, et en otras constellationes dizian que significauan destruction de los aduersarios del rey. Et ui que haçia desto grande dubda, que manifiesta cosa es que qual rey quier que sea en qual quier partidad e la tierra, que a otro rey por aduersario en otra partida de la tierra. Et si el iudicio fuesse tomado generalment, caeremos en grande dubda. Et por esto estudie en sus dichos et entendi dellos razones por sallir desta dubda; et quiero lo esplanar en este logar et mostrar la carrera de come se deuen tomar estos iudizios et estas significationes segunde les perteneçe, et de que manera se deuen poner en las constellationes de los compeçamentos".

97. In some cases (cf. for example *Libro de las Cruzes*, Chapter X, pp. 50-55) ʿUbayd Allāh seems to have omitted this kind of precision, but the Alphonsine text introduces an explanatory note which is often ascribed to "el transladador", that is to Yehudah b. Mosheh (see p. 53).

98. It seems that some kind of astronomical tables were known in al-Andalus in the first half of the 9th century, as they were used by Ibn al-Shamīr and by Yaḥyā al-Ghazāl, cf. Vernet, "La maldición de Perfecto", p. 418.

in the Castilian, version if we accept that the beginning of the houses corresponds to the beginning of zodiacal signs. Thus, according to the *dodekatopos*,[87] which is used in the *Libro de las Cruzes*:[88]

> *Bayt al-ḥayā(t)* ("house of life, "casa de la vida") = Ascendant = Gemini
>
> *Bayt al-ikhwa* ("house of brothers", "casa de los hermanos") = III = Leo
>
> *Bayt al-maraḍ* ("house of illness", "casa de la enfermedat") = VI = Scorpio
>
> *Bayt al-saᶜāda* ("house of happiness", "casa de los amigos") = XI = Aries

All this comes quite well into line with the chapter on astrological geography which, being probably an Alphonsine addition to the *Libro de las Cruzes*, establishes that the "sign of Spain" (i. e. its ascendant) is Gemini, according to Spanish and Egyptian astrologers, as well as Hermes.[89]

Therefore the author of the revision was probably an Andalusian astrologer of the second half of the 11th century or the first half of the 12th. This confirms the plausibility of Millas' identification of "Oueydalla el sabio". In this sense it is interesting to remark that Oueydalla's classification of peoples in Chapter II of the *Libro de las Cruzes*[90] presents a number of similarities with the similar classification established by Ṣāᶜid in his *Ṭabaqāt al-umam*,[91] which leads me to think that the latter work was one of Oueydalla's sources for that chapter. This would agree very well with ᶜUbayd Allāh al-Istijī, who sent to Ṣāᶜid, from Cuenca, his work on "the projection of rays" *(maṭāriḥ al-shuᶜāᶜāt)*.[92] He might have received in exchange the latter's *Ṭabaqāt al-umam*.

What did ᶜUbayd Allah do to the primitive version of the *Libro de las Cruzes*? The Alphonsine translation calls him "el esplanador", who found the original text, explained it, and rewrote it in its present shape.[93] The main

87. Bouché-Leclercq, *L'Astrologie Grecque*, p.280.

88. *Libro de las Cruzes*, p. 7.

90. *Libro de las Cruzes*, pp. 161-162. Cf. José A. Sánchez Pérez, "El Libro de las Cruzes", *Isis*, 14 (1930), 77-132, who established (pp. 124-125) the Alphonsine character of this chapter.

90. *Libro de las Cruzes*, pp. 6-9.

91. Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, pp. 31-41.

92. *Risāla fī-l-tafsīrāt wa-maṭāriḥ al-shuᶜāᶜāt*, MS Escorial 939 (f. 9v-16v). The *incipit* establishes that the work is dedicated to an unidentified *wazīr* and *qāḍī* Abū'l-Qāsim. Cf. H. P. J. Rénaud, *Catalogue*, vol. II, fasc. 3, pp. 54-57; Vernet, "Tradicion e innovacion", p. 746.

93. *Libro de las Cruzes*, p. 1: "Onde este nostro sennor sobredicho [i.e. King Alphonse] (...) fallo el Libro de las Cruzes que fizieron los sabios antigos, que *esplano* Oueydalla el sabio...". Id. pp.167-168: "Dixo el *esplanador* deste libro: Aqui es la fin de lo que fallamos deste Libro de las Cruzes, et todo lo *esplanamos* et lo departiemos segund el nostro entendemento lo meior que pudiemos".

es lo que nombran estos sabios deste libro quemazon de las planetas.[76]	من صورة الاحتراق على رأي هؤلاء وهي ان تكون كلها في مثلثة واحدة فتلك علامة القحط[75]

3. *A new edition of the Arabic text towards the end of the* 11*th century*. The Alphonsine translation considers that the author of the book is a certain "Oueydalla et sabio"[77] whom Millas[78] identified as Abū Marwān ᶜUbayd Allāh b. Khalaf al-Istijī who lived in the time of *qāḍī* Ṣāᶜid of Toledo (1029-1070) and corresponded with him.[79] Vernet has confirmed this identification.[80] The chronological limits of the work and of its author are, on one side, the conjunction of 459/1066-67 which is mentioned in the Alphonsine text,[81] and, on the other, 1259, the date of the Alphonsine translation made by Yehudah b. Mosheh ha-Kohen and Johan Daspa.[82] A careful reading of the book establishes clearly its Maghrebine, and probably Andalusian, character and this can be confirmed if we compare two passages of the Arabic and Castilian versions:

Et propriament quando esta quemazon fuere en el signo de Gemini.[84]	واذا رأيت المقاتل في بيت الحياة وهو برج الجوزاء لاهل الاندلس[83]

and again:

Et quando fuere Saturno en Scorpio et el Sol en Leon, et Jupiter en Aries, et la Ca beça en Gemini [...].[86]	واذا رأيت المقاتل في بيت المرض وهو العقرب وكانت الشمس في بيت الاخوة وهو الاسد والمشتري في بيت السعادة وهو الكبش والتنين في بيت الحياة وهو التوءمان[85]

The explicit reference to al-Andalus in the first Arabic quotation is confirmed by the distribution of the houses which appear in the Arabic, but not

75. MS Escorial 916, f. 193r and v.

76. *Libro de las Cruzes*, p.165. Chapter XI (p.68) contains a definition of *quemadas* which resembles the standard one, (a planet is *quemada* when it is placed in the same sign as the Sun), but this chapter seems an addition by the 11th c. editor ᶜUbayd Allāh. See also below, n. 100.

77. *Libro de las Cruzes*, pp. 1 and 5.

78. José M. Millás Vallicrosa, "Sobre el autor del 'Libro de las Cruces'", *Al-Andalus*, 5 (1940), 230-234; see also *Isis*, 19 (1933), 530.

79. Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, pp. 153-154. See also p. 139, where he appears as ᶜAbd Allāh instead of ᶜUbayd Allāh.

80. Vernet, "Tradición e innovación", pp. 745-746.

81. *Libro de las Cruzes*, p.10.

82. *Libro de las Cruzes*, p.168. On Yehudah b. Mosheh cf. A. R. Nykl, "Libro Conplido en los Juizios de las Estrellas", *Speculum*, 29 (1954), 85-99; G. Hilty, "El libro conplido en los iudizios de las estrellas", *Al-Andalus*, 20 (1955), 1-74.

83. MS Escorial 916, f. 193v.

84. *Libro de las Cruzes*, p. 166.

85. MS Escorial 916, f. 194v.

86. *Libro de las Cruzes*, p. 167.

bered for a long time in Northern Africa.[70] The aspects considered are the usual ones in Hellenistic astrology (conjunction, opposition, quartile, and trine) — which had not been forgotten by the Isidorian tradition[71] — but a new one seems to have been added, the "quemazon" (*iḥtirāq* "combustion") which is defined both in the Arabic and Castilian texts:

Et los quemantes dizen ellos por las planetas quando fueren darramadas o quando fueren aiuntadas; et que sean todas o las mas dellas en los signos erechos, que son los signos igneos et los aereos; que sean todas o las mas dellas en los signos iazentes, que son los signos aqueos et los terreos, ca quando las planetas todas o las mas dellas fueren en una partida destas, quier sean aiuntadas, quier darramadas, a esta tal constellation dizen ellos quemantes.[73]

والمحترقة هي الكواكب التي تكون اما مجتمعة او مفترقة اما في البروج القايمة التي هي النارية او الهوايية او تكون كلها او اكثرها في البروج الساقطة وهي الترابية والمايية فاذا مالت كلها او اكثرها الى جهة ما مجتمعة كانت او مفترقة فانهما تسمى محترقة اما في القايمة او الساقطة[72]

It seems evident from the previous quotation that *iḥtirāq* does not have here its normal astrological meaning:[74] there is combustion when all the planets considered, or the majority of them, are either in the fiery or airy triplicities or in the watery or earthly triplicities. Another passage, however, gives a more restrictive meaning of "quemazon" (the four "higher planets" are together in the same sign or scattered in the same triplicity):

Et es quando todas las quatro planetas sobredichas [Saturn, Jupiter, Mars and the Sun] fueren en una triplicitat; et esto

فمتى احرقت هذه [يعني زحل والبرجيس والمريخ والشمس] بحسب ما فسرته في صدر الكتاب

p. 754) has established the position of the planets, according to al-Khwārizmī's *Zīj*, for the dates 2-V-979 and 31-V-978 at 1 p.m.; these are the dates on which al-Manṣūr b. Abī ʿĀmir commenced two of his expeditions. In the first of these two horoscopes the moon has a longitude of 61;2° (the beginning of Gemini; it is easy to suppose a small error that would place the moon in Taurus), and in the second its longitude is 312;43° (Aquarius).

70. Al-Sakūnī, *ʿUyūn*, p. 165, and "Laḥn", pp.178-179 tells an anecdote involving ʿUmar b. al-Khaṭṭāb who, being ready to depart for a *ghazwa*, is told by an astrologer, "*Ya amīr al-mu'minīn, aṣbir ḥatta yaṭlaʿ lanā-l-qamar*".

71. The manuscripts of Isidore's *Etymologies* which belong to the "Spanish family" (according to Lindsay's terminology) contain an interpolation on "astrological geometry" which is indubitably Spanish, and was written before the Muslim invasion. Its drawings represent graphically conjunction, sextile, trine, quartile, and opposition. Cf. Jacques Fontaine, *Isidore de Séville et la culture classique dans l'Espagne Wisigothique* (Paris, 1959), vol. I, pp. 393-407.

72. MS Escorial 916, f. 190v.

73. *Libro de las Cruzes*, p. 11.

74. Cf. al-Bīrūnī's definition in *The Book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology*, translation by R. Ramsay Wright (London, 1934), p. 296: "If the superior planets and the inferior ones in the middle of the retrograde course exceed the minutes [16′] of *taṣmīm* all are said to be '*muḥtariq*', combust, until their distance from the sun is 6°".

the primitive version of this text was a sort of *Kitāb al-amṭār wa-l-asʿār* ("Book on Rains and Prices"), the title given by the Moroccan astrologer of the 15th century al-Baqqār to his anthology of the Arabic *Libro de las Cruzes.*[63] Nevertheless we should bear in mind that al-Baqqār himself, when writing on al-Ḍabbī's *urjūza*, says:

نظم رجزاً في الاحكام على احداث الجو واحوال الملوك على طريقة الاحكام القديمة الجارية في المغرب اعني احكام الصلوب في زمن الحكم رضي الله عنه[64]

He composed an *urjūza* in order to predict *atmospheric conditions and vicissitudes of kings* according to the ancient judiciary system often used in the Maghrib, that is the system of the crosses, in the time of al-Ḥakam [I], may God be pleased with him.

Therefore it is possible that the oldest version of the book also dealt with the problems of political astrology which form the bulk of the Alphonsine version; it may have contained much more than the group of chapters which I consider the more primitive ones, perhaps because these have kept their old structure fairly well.

A few remarks should be added concerning the more sophisticated astrological techniques used in the rest of the chapters which I have not considered so far. Horoscopes are established according to the position of the "planetas altas" *(al-kawākib al-ʿulwiyya*, the "higher planets")[65] or the "planetas pesadas" *(al-darārī' al-thiqāl*, the "heavy planets")[66] which are the outer planets (Saturn, Jupiter, Mars) and the Sun. Consideration is sometimes also given to the ascending and descending nodes as well as Mercury[67] and the Moon. The latter "planet" is also used to establish the exact moment at which a given event is going to take place, and it plays an important role in the choice of the auspicious time for starting a military expedition.[68] The rules established by *El Libro de las Cruzes* may have been applied by the court astrologers of al-Manṣūr b. Abī ʿĀmir,[69] and they also may have been remem-

63. MS Escorial 916, f. 187v. The beginning of the Arabic text discovered by R. Muñoz is similar: *Bāb al-asʿār wa-l-amṭār ʿalā ra'y ahl al-ṣulūb* (MS Escorial 918, f. 12v). The concern for this kind of topic acquires a full sense in 8th century Spain; my friend Miquel Barceló has pointed out to me that long periods of dryness were common in the 8th century in the Iberian Peninsula. Cf. Miquel Barcelo, "Les plagues de llagost a la Carpetània, 578-649..", in *Estudis d'història agrària* 1 (1978), 67-84 (see specially p. 68).

64. MS Escorial 916, f. 195r.

65. MS Escorial 916, f. 190v; *Libro de las Cruzes*, p. 5.

66. MS Escorial 916, f. 13r; MS Escorial 916, f. 193r and v; *Libro de las Cruzes*, p. 145.

67. Cf., for example, *Libro de las Cruzes*, pp. 146 and 149 (predictions based on the colour adopted by Mercury).

68. *Libro de las Cruzes*, pp. 145-146.

69. *Libro de las Cruzes*, p.145 says that the moon should be in Taurus, Leo, Scorpio, or Aquarius when a military expedition starts moving to fight an enemy. Vernet ("Tradición e innovación",

is again used in Chapter 63[51] where the "planets"[52] considered are Saturn and the ascending node, and in part of Chapter 64 where the author studies the consequences of a solar or lunar eclipse in the triplicities of water or earth.[53]

So far the author of *El Libro de las Cruzes* has only taken into consideration zodiacal signs and triplicities, but not astrological houses and aspects which are generally used in the rest of the book and which imply a higher degree of sophistication in the technique of forecasting. We can also find a number of chapters in which both systems are combined and other planets, besides Jupiter and Saturn, are considered; such is the case with Chapters 25,[54] 26,[55] 45,[56] and 65[57] (triplicities and aspects), part of Chapter 39[58] (signs and domicilia), Chapter 28[59] and part of Chapter 31[60] (houses and triplicities). Finally it seems interesting to comment that, in another set of chapters,[61] houses seem to be identified with zodiacal signs in such a way that we might suppose that one of the simplifications introduced by *El Libro de las Cruzes* – when compared to Hellenistic and Oriental astrology – would be to consider that the beginnings of houses coincide necessarily with the beginnings of zodiacal signs.[62]

It seems to me that if we try to establish the chronology of this book, the first group of chapters considered (57, 60-4) seems to be the more primitive one, and some signs of this primitivism can perhaps be observed in other chapters in which zodiacal signs, instead of houses or combined with them, are still used. If we observe that the totality of the oldest material, as well as all the chapters the Arabic text of which remains, deal with meteorological (rain, drought) and economic (prices) predictions, we might be tempted to say that

51. *Libro de las Cruzes*, p.164; MS Escorial 916, f. 192v.

52. We can find in the *Libro de las Cruzes* an echo of the ancient belief in the planetary character of the lunar nodes. See for example, p. 68, where the author considers it necessary to remark that the ascending node does not have an apparent diameter like the other planets ("Mas la Cabeça non a lumbre porque non a diametro"). In an obscure passage on the same page we also find a reference to the retrograde movements of the lunar nodes. On the planetary character of the lunar nodes, see W. Hartner. "Le problème de la planète Kaīd", *Oriens-Occidens* (Hildesheim, 1968), 268-286, and "The Pseudoplanetary Nodes of the Moon's Orbit in Hindu and Islamic Iconographies", ibid. pp. 349-404.

53. *Libro de las Cruzes*, pp. 164-165; MS Escorial 916, f. 193r.

54. *Libro de las Cruzes*, pp. 97-117.

55. *Libro de las Cruzes*, pp. 117-118.

56. *Libro de las Cruzes*, pp. 149-151.

57. *Libro de las Cruzes*, pp. 165-167; MS Escorial 916, f. 194r and v.

58. *Libro de las Cruzes* pp. 145-146.

59. *Libro de las Cruzes* pp. 118-119.

60. *Libro de las Cruzes* pp. 122-123.

61. Cf. *Libro de las Cruzes*, Chapter 15 (pp. 76-80); 23 (pp.92-95), 24 (pp. 95-97); 33 (pp. 125-126); 34 (pp. 126-127); 35 (pp. 127-128); 36 (pp. 128-144), 48 (pp. 152-153).

62. On the division of the houses in Greek astrology cf. A. Bouché-Leclercq, *L'Astrologie Grecque* (Bruxelles, 1963 = Paris, 1899), pp. 276-288, 170-178. The identification between the beginnings of the houses and those of the zodiacal signs was also known by Arab astrologers: cf. E. S. Kennedy and D. Pingree, *The Astrological History of Māshā'allāh* (Cambridge, Mass., 1971), p. 92.

tes *en los cuerpos del mundo de generation et corruption*, et auian significationes *por sosacar los tempos en que compeçauan aquellos accidentes*, et quanto durauan, *et los tempos en que finauan*; *et sosacauan los tempos de las malas occasiones, et los tempos de las fortunas* et de los buenos accidentes. Et esto todo departyan lo por grandes sotylezas et de muchas carreras desta scientia *de cuemo dan las planetas las fuerzas unas a otras, et de cuemo las reciben unas e otras*, et como reciben unas a otras, et de las otras cosas et de las otras carreras que se tyenen con estas, et de los estados de las planetas, *et de sus accidentes segund que todo esto es departido en los libros de los sabios orientales, et los de Babilonia, et de los egiptios*, et de los persios et de los griegos, que todos estos sonsacauan los iudizios et las significationes desta scientia de todas estas carreras sobredichas.[46]

من دقايق هذا العلم وتصرف احواله في الاستدلال على جميع الموجودات في عالم الكون والفساد ومعرفة السادي لها والانتهاءات واوقات السعادات وضدها على التحرير وكيف يرفع التدبير بعضها الى بعض ويقبل بعضها بعضاً مع ما يضاف الى ذلك من جميع احواله الموصوفة في كتب المشرقيين والبابليين والمصريين واهل الهند[46]

It seems clear that there is a close correspondence between the Arabic and Castilian texts, although the latter seems more an amplification than a translation of the former. My purpose, in the rest of this paper, will be to try to establish the main lines of the history of this *Libro de las Cruzes*, which has the enormous interest of being the first astrological work to be used in al-Andalus. I think one should distinguish three main stages in the development of this work:

1. *Latin original entirely unknown.*

2. *First Arabic version of the whole or part of the present text which should be dated towards the end of the 8th century.* We have a good example of this stage in 39 verses taken from the final part of an *urjūza* written by the astrologer ᶜAbd al-Waḥīd b. Isḥāq al-Ḍabbī — whom I have already mentioned — in the time of al-Ḥakam I.[47] This fragment is a versification of Chapter 57 of the Alphonsine translation, and we also have an Arabic prose version of the same chapter.[48] Chapter 57 is narrowly related to Chapters 60 and 61 (the Arabic text of MS Escorial 916 amalgamates elements taken from both),[49] and also to Chapter 62.[50] All these chapters deal with the forecast of rain and drought, and their consequences: prices, agriculture, vegetation, illness, etc. The technique used for forecasting is extremely simple and it fits well a very primitive astrological system: only the position of Saturn and Jupiter in the four triplicities (air, water, earth, and fire) is considered, and the aforementioned chapters develop the possibilities of the system and study the presence of these two planets in the same or different triplicity. The same technique

45. MS Escorial 916 f. 190r and v.

46. *Libro de las Cruzes*, p.5. The underlined passages translate the Arabic text.

47. MS Escorial 916, f.195r and v, 196r.

48. *Libro de los Cruzes*, pp.159-160; MS Escorial 916, f.191v-192r.

49. *Libro de las Cruzes*, pp. 162-163; MS Escorial 916, f.192v; MS Escorial 918 f. 12v - 13r.

50. *Libro de las Cruzes*, pp.163-164; MS Escorial 918, f. 13r; MS Escorial 916 f. 192r - 192v.

like to mention that *jadwal* might refer to magic squares instead of astronomical tables,[37] and that I know nothing about the meaning of *al-Kimma.*

The conclusions I have been able to draw from the new evidence furnished by Ibn ʿAbd Rabbihi are, therefore, rather scanty. The main literary sources to study the diffusion of astronomical and astrological literature are, still, Ibn Juljul for the 10th century and Ṣāʿid for the 11th. In this way we can be sure that both authors bear witness to the knowledge, in Spain, of Abū Maʿshar's *Kitāb al-Ulūf*,[38] and that Ṣāʿid also knew Shādhān's *Mudhākarāt*,[39] and probably Vettius Valens' *Anthology*.[40] But these were not the first astrological works to be read and used in Muslim Spain. In a recent paper, Juan Vernet has described an Arabic manuscript from El Escorial which contains a collection of excerpts of the Arabic original of the Alphonsine *Libro de las Cruzes*.[41] Rafael Munoz has also found three new chapters of the same work in another manuscript of the same library.[42] On the other hand, Vernet has proved that the aforementioned Arabic text is based on the translation of a Latin astrological work which was known in Al-Andalus towards the end of the 8th or beginning of the 9th century,[43] therefore being one more item in the long series of contacts between Isidorian-Latin and Arabic culture in Muslim Spain. One must remember that astrology was very much alive in the time of Isidore of Seville.[44] It may be interesting to compare the Arabic and Castilian texts of a short passage taken from the first chapter of the work where the author clearly establishes that the system he uses to forecast future events is the one employed by ancient astrologers of Northern Africa and Spain who did not use the subtleties of Hellenistic and Oriental astrology:

et estos son los iudiçios generales et antigos, et *son los iudizios que usauan los de las partidas de occidente del tempo antigo, et los de tierra de Affrica, et los de Barbaria et una partida de los romanos de Espanna*; todos estos solian iudgar por estas costellationes generales.

Mas los persios et los griegos auian muchas sotilezas en esta scientia, et en departir las razones della, *et en sosacar las sus significationes*, et de que guysa llegan et parecen sus fechos et sus acciden-

اعلم ان هذه الطريقة في الاحكام
هي طريقة اهل المغرب في
الزمان القديم اعني اهل افريقية
والبرابر وطايفة من العجم
بالاندلس اذ لم يكن عندها ما
كان عند الفرس واليونانيين

37. H. P. J. Rénaud, "L'origine du mot 'almanach'", *Isis*, 37 (1947), 45.

38. Ibn Juljul, *Ṭabaqāt*, ed. F. Sayyid, pp. 2,5-6,9; Ṣāʿid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, p. 53. On the knowledge of the *Kitāb al-Ulūf* in the West, cf. David Pingree; *The Thousands of Abū Maʿshar* (London, 1968), and Charles S. F. Burnett, "The Legend of the Three Hermes and Abū Maʿshar's *Kitāb al-Ulūf* in the Latin Middle Ages", *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 39 (1976), 231-234.

39. Ṣāʿid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, pp. 81, 111.

40. Ṣāʿid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, p. 87. In any case Vettius Valens *Anthology* was well known in the Maghrib in the 11th c.; it is often quoted by Ibn Abī-l-Rijāl in his *Kitāb al-bāri' fī aḥkām al-nujūm*,: cf. C. Nallino, *ʿIlm al-Falak. Ta'rīkhu-hu ʿinda-l-ʿarab fī-l-qurūn al-wusṭā* (Rome, 1911), p. 195.

41. J. Vernet, "Tradición e innovación" (cf. n. 6), pp. 745-747.

42. R. Muñoz has discovered the Arabic text of Chapters 60, 61, and 62 of the *Libro de las Cruzes* in ms. Escorial 918 f. 12v-13r. I would like to thank him here, for I am using his unpublished edition and tranlation of this text.

43. Vernet, "Tradición e innovacion", p. 747.

44. J. Fontaine, "Isidore de Seville et l'astrologie", *Révue des Etudes Latines*, 31 (1953), 271-300.

Where are the *Zij*, the *Qānūn*, the *Arkand* and the *Kimma*
And where the false *Sindhind* and the *Jadwal*? is there in them
Anything but a lie against God — let Him be exalted — Who resurrects the dead?[28]

With these verses we must face the problem of the circulation of certain astrological and astronomical works in Muslim Spain in the first half of the 10th century. There is no problem, of course, concerning the *Sindhind*,[29] but it is doubtful whether the *Arkand*[30] was really known in al-Andalus at this time if we bear in mind that, one century later, a serious astronomer such as Ṣā^cid of Toledo (1029-1070) seems to speak about it only on a secondhand basis.[31] *Zij*, *Qānūn*, and *Jadwal* are difficult terms to interpret exactly; the three of them might be synonymous and have the general meaning of astronomical table, or refer to more specific significations. One might also consider whether, following Destombes' opinion, *zīj* is the table itself whilst *qānūn* is the set of instructions which indicate how to use the *zīj*, having thus the same meaning as the Latin *canones*.[32] On the other hand it could be convenient to remember that both Ibn Juljul and Ṣāᶜid use the term *Qānūn* when speaking about Ptolemy's *Tables*[33] whilst Ṣāᶜid also designates with the same word the *Tables* of Theon of Alexandria;[34] therefore it is possible to conjecture that *qānūn* might refer to a set of Hellenistic tables, whilst *zīj* might be the term used to designate tables of Indian, Persian, or Arab descent. It seems impossible to be more accurate, although we should think that the only set of tables whose knowledge is documented in al-Andalus in the 10th century is, apart from the *Sindhind*, al-Battānī's *Zīj al-Ṣābi'*,[35] the original title of which was, probably, that indicated by Ibn al-Nadīm and Ibn al-Qifṭī, *Kitāb al-zīj* or just *al-Zīj*.[36] To end these remarks on Ibn ᶜAbd Rabbihi's verses, I would

28. Ibn Marzuq, *Musnad*, tr. Viguera p.364. I have been able to quote the Arabic text thanks to M. J. Viguera's generosity; she has provided me with photocopies of the proofs of her edition of the *Musnad* which is now being printed in Algiers; it is Miss Viguera herself who has suggested an improvement of her translation which I use here in my version of these three verses.

29. It was introduced in al-Andalus in the 9th c. either by ᶜAbbās b. Firnās (see Elías Terés, "ᶜAbbās b. Firnās", *Al-Andalus*, 25 (1960), 239-249) or by ᶜAbbās b. Nāsiḥ (cf. E. Terés, "ᶜAbbās b. Nāsiḥ poeta y qāḍī de Algeciras", *Etudes d'Orientalisme dédiées à la mémoire de Lévi-Provençal* (Paris, 1962), vol. I, pp. 339-358). Its history in Spain from the 10th c. onwards is fairly well known.

30. Brahmagupta's *Khandakhādyaka*, see David Pingree, "Brahmagupta", *Dictionary of Scientific Biography* (New York, 1970), vol. II, pp. 416-418; cf. also E. S. Kennedy, *The Exhaustive Treatise on Shadows by Abu'l-Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī* (Aleppo, 1976), vol. I, pp. 181, 200; vol. II, p. 27.

31. Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, p. 47.

32. See M. Destombes review of Kennedy's *Survey of Islamic Astronomical Tables* in *Isis*, 50 (1959), 273.

33. Ibn Juljul, *Ṭabaqāt al-aṭibbā' wa-l-ḥukamā'*, ed. Fu'ād Sayyid (Cairo, 1955), pp. 35-36; Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère, pp. 72-73.

34. Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère p. 86.

35. Cf. J. Vernet's review of Ch. Pellat, *Le Calendrier de Cordoue* in *Oriens*, 17 (1964), 284-286.

36. W. Hartner, "Al-Battānī", *Dictionary of Scientific Biography*, (hereafter *DSB*) (New York, 1970), vol. I, p. 508.

He was satirized by one of them, Yaḥyā al-Ghazāl (ca.773-864).[19] In the 10th century the poet Ibn ᶜAbd Rabbihi is the author of a certain number of poems attacking astrological beliefs which show that, often at that time, an anti-astrological attitude was associated with an unscientific one. For example, when he addresses a certain number of reproaches to the astronomer Abū ᶜUbayda Muslim b. Aḥmad al-Balansī he not only censures his belief in the influence of the planets on the earth, but he also seems to attack the sphericity of the universe and that of the earth, the fact that the latter can be considered as a point in the middle of space, and that the summer in the southern hemisphere corresponds to the winter in the northern one and vice versa.[20] The same kind of arguments will be used in the 13th century by the religious polemicist al-Sakūnī[21] who, in two of his works, *ᶜUyūn al-munāẓarāt*[22] and *Laḥn al-ᶜawāmm fīmā yataᶜallaq bi-ᶜilm al-kalām*[23] considers contrary to the Muslim creed predictions based on planetary conjunctions,[24] on nativities,[25] and even the humble meteorological predictions based on the system of the *anwā'*[26] which he regards as astrological. Nothing, of course, can be argued from the point of view of strict orthodoxy, but it seems rather surprising to find al-Sakūnī saying, on the basis of *Qur'ān* 13,3 (*Madda al-arḍ*, "He extended the Earth") that the earth is flat.[27]

Confusion between astrology and astronomy is also evident in the following verses of Ibn ᶜAbd Rabbihi where he regards as astrological works what seems mainly to be a list of astronomical tables:

أين الزيج والقانون ٭ والاركند والكمة
وأين السندهند البطل ٭ والجدول هل ثمة
سوى الافك على الله تعا ٭ لى منشر الرمة

19. On al-Ghazāl astrologer, cf. Juan Vernet, "La maldicion de Perfecto", *Prismata. Naturwissenschaftsgeschichtliche Studien. Festschrift für Willy Hartner* (Wiesbaden, 1977), 417-418.

20. Ṣāᶜid al-Andalusī, *Kitāb Ṭabakāt al-Umam* (*Livre des Catégories des Nations*), French translation by Régis Blachère, (Paris, 1935), pp. 123-124. At least three of these topics are extensively treated in the first book of Ptolemy's *Almagest*: spherical motion of the heavens (I,2), the earth has a spherical form (I,3), and the earth is like a point in relation to celestial space (I,5). It seems that the *Almagest* was known to Maslama al-Majrīṭī: cf. Ṣāᶜid, *Ṭabakāt*, tr. Blachère p. 129.

21. Abū ᶜAlī ᶜUmar b. Muḥammad al-Sakūnī, an author of Andalusian descent who lived in Tunis in the second half of the 13th century. See notes 22 and 23.

23. Abū ᶜAlī ᶜUmar al-Sakūnī, *Laḥn al-ᶜawāmm fīmā yataᶜallaq bi ᶜilm al-kalām*, ed. Saᶜd Ghurāb in

22. Abū ᶜAlī ᶜUmar al-Sakūnī, *ᶜUyūn al-munāẓarāt*. ed. Saᶜd Ghurāb, (Tunis, 1976).

Ḥawliyyāt al-Jāmiᶜa al-Tūnisiyya, 12 (1975), 109-255. Cf. on this book J. D. Latham, "The content of the Laḥn al-ᶜawāmm (ms. 2229, al-Maktaba al-ᶜabdaliyya al-tūnisiyya, Tunis) of Abu ᶜAlī ᶜUmar Muḥammad b. Khalīl al-Sakūnī al-Ishbīlī". *I Congreso de Estudios Arabes e Islāmicos* (Madrid, 1964), 293-307.

24. Sakūnī, *Laḥn*, p. 177.

25. Sakūnī, *Laḥn*, p. 177; *ᶜUyūn*, pp. 222-223.

26. Sakūnī, *Laḥn*, pp. 178,179,182-184.

27. Sakūnī. *ᶜUyūn*, pp. 300-301 (cf. also 247-248, and *Laḥn* p. 183).

change of triplicity because it started in Leo (a sign of fire) and continued in Virgo (a sign of earth).[11] This last fact leads the historian Ibn ᶜIdhārī[12] to remind us that the sign of Virgo was the lord *(ṣāḥiba)* of Cordova and that the old sages of the city had placed a statue or some other kind of image *(ṣūra)* representing this zodiacal sign on top of the southern door of the city, called *Bāb al-Qanṭara* (door of the bridge).[13] We have several astrological interpretations of this conjunction and they all agree in considering it as the warning sign of the end of the Caliphate and the beginning of the *fitna*; one of them is ascribed to the great astronomer Maslama al-Majrīṭī[14] who foretold a change of dynasty, ruin, slaughter and famine; another interpretation can be read in the Alphonsine *Libro de las Cruzes* which states that this celestial warning implied the end of the leadership of the Arabs in Spain and the moment at which their role started to be played by Western people, Berbers and Christians.[15] In any case the evidence furnished by historians shows in this case the existence of a number of astrologers in Cordova who discuss the event and its consequences.[16] In the same way another anecdote told by Ibn ᶜAbd Rabbihi (860-940) describes the meeting of a group of astrologers who cast the horoscope and make calculations which predict — unsuccessfully — that there will be no rain for a month's time.[17]

The important role played by astrologers in the court of the Banū Umayya in Cordova attracted the envy of both pious *fuqahā'* and court poets, who feared their influence in high official circles. Thus the *faqīh* Yaḥyā b. Yaḥyā (d.849)[18] often attacked the poet-astrologers who surrounded ᶜAbd al-Raḥmān II

11. On this conjunction see Juan Vernet, "Astrología y política en la Córdoba del siglo X", *Revista del Instituto de Estudios Islamicos en Madrid*, 15 (1970), 91-100 (cf. especially p.93); *La cultura hispano, arabe en Oriente y Occidente* (Barcelona, 1978), p. 37.

12. Ibn ᶜIdhārī al-Marrākushī, *Al-Bayān al-Mughrib*, ed. E. Lévi-Provençal, (Paris, 1930), vol. III, 1, pp. 14-15.

13. On this door see Manuel Ocaña Jiménez, "Las puertas de la medina de Córdoba", *Al-Andalus*, 3 (1935), 143-151 (cf. specially p.144); Leopoldo Torres Balbas, *Ciudades hispano-musulmanas* (Madrid, n.d.), vol. 2, p. 651; E. Lévi-Provençal, *Espana Musulmana hasta la caida del Califato de Cordoba (711-1031 de J.C.). Instituciones y vida social e intelectual*, in "Historia de España", ed. by R. Menéndez Pidal, (Madrid, 1957), vol. V, p. 236. It seems that the aforementioned statue represented an ancient goddess who may have been identified by the Muslim population with the Virgin Mary.

14. Quoted by Ibn ᶜIdhārī (see above n. 12). On Maslama cf. J. Vernet and A. Catalá "Las obras matemáticas de Maslama de Madrid", *Al-Andalus*, 30 (1965), 15-45. Another interpretation of this conjunction in Ibn al-Khaṭīb, *Kitāb aᶜmāl al-aᶜlām*, ed. E. Lévi-Provencal, (Rabat, 1934), pp. 148-149; on this text see the works by J. Vernet quoted in n. 11.

15. Alfonso el Sabio, *Libro de las Cruzes*, ed. Lloyd A. Kasten and Lawrence B. Kiddle, (Madrid-Madison, 1961), pp. 9-10.

16. Ibn ᶜIdhārī (see above n. 12) is positive about this: *Wa kathura kalām al-munajjimīn fīhi wa andharū bi-ashyā' ᶜaẓīma kāna al-nās ᶜan-hā fī ghafla.*

17. Ibn Marzūq, *El Musnad: hechos memorables de Abū-l-Ḥasan, sultan de los benimerines*. Estudio, traducción, anotación, indices anotados por María J. Viguera, (Madrid, 1977), pp. 365-366.

18. Lévi-Provençal, *Espana Musulmana hasta la caida del Califato*, vol. IV, p. 175.

not trust his answer because it will concern occult things which only God knows *(idh kāna min ghayb Allāh alladhī ista'thara bihi)*.[5] Nevertheless when al-Ḍabbī tells the amir that his reign will be lucky but that it will only last about eight years — quite a successful guess — Hishām accepts his prediction and consecrates the rest of his life to God's worship and good deeds because he has had a warning, undoubtedly coming from God, in al-Ḍabbī's words *(al-nadhīr kallamanī bi lisānika)*. Another anecdote, studied by Terés,[6] reflects again the atmosphere of court astrology and it has the interest of having been found, much later, in the East. The amir, ᶜAbd al-Raḥmān II (822-852), talks to his poet-astrologer Ibn al-Shamir in one of the rooms of his palace and asks him through which of its doors he will go out. The astrologer casts the horoscope and writes down his conclusions inside an envelope which he seals afterwards. Then ᶜAbd al-Raḥmān orders a new door to be opened in the western wall of the room and he goes out through it; in his report Ibn al-Shamir had written exactly what the amir was going to do. Much later Niẓāmī ᶜArūḍī Samarqandī tells the same story, but the characters involved are al-Bīrūnī and Maḥmūd of Ghazna.[7]

Celestial phenomena and catastrophical events attracted quite often the attention of both historians and astrologers who, thus, seem to play a prominent role in society not restricted, as in the examples previously considered, to the court. Thus, if an historian such as Ibn Ḥayyān is interested in a total lunar eclipse which took place on Monday, 14th Dhū-l-ḥijja 362 (15th September 973)[8] or by the apparition of a great and very bright star moving towards the north on Wednesday, 21 Ramaḍān 362 (25 July 973),[9] one may easily imagine the concern of professional astrologers with a conjunction of Saturn and Jupiter[10] which took place in 397/1006-07 and which implied a

5. This is a classical argument against astrology. The Moroccan astrologer of the 15th century Abū ᶜAbd Allāh al-Baqqār, who compiled an anthology of the *Libro de las Cruzes* which is preserved in manuscript 916 of the Library of El Escorial, refutes the argument. He says that astrology does not pretend to have a knowledge of occult things *(al-ghayb)* because *ᶜilm al-ghayb* is the knowledge of the future without any clues, causes, or reasons, thus being reserved to God. See the aforementioned Escorial manuscript, f. 188r. On al-Baqqār and his anthology see Juan Vernet, "Tradicion e innovacion en la ciencia medieval", *Oriente e Occidente nel Medioevo: Filosofia e Scienze*. Accademia Nazionale dei Lincei (Roma, 1971), pp. 741-757.

6. Elias Terés, "Ibn al-Samir, poeta-astrologo en la corte de ᶜAbd al-Raḥmān II", *Al-Andalus*, 24 (1959), 449-463.

7. Niẓāmī ᶜArūḍī Samarqandī, *Chahār Maqāla*. Arabic translation by ᶜAbd al-Wahhab ᶜAzzām and Yaḥyā al-Khashshāb; notes by Muḥammad b. ᶜAbd al-Wahhāb al-Qazwīnī (Cairo, 1949), pp. 64-65.

8. Ibn Ḥayyān, *Al-Muqtabis fī akhbār balad al-Andalus*. ed. ᶜAbd al-Raḥmān ᶜAli al-Ḥajjī (Beirut, 1965), p. 138; see the Spanish translation by Emilio Garcia Gómez, *El Califato de Cordoba en el "Muqtabis" de Ibn Ḥayyān. Anales Palatinos del Califa de Cordoba al-Ḥakam II, por ᶜĪsā ibn Aḥmad al-Rāzī* (Madrid, 1967), p. 172.

9. Ibn Ḥayyān, *Muqtabis*, ed. al-Ḥajjī, p. 118; translation by Garcia Gómez, p. 151.

10. Ibn ᶜIdhārī pretends that it was a conjunction of the seven planets. See note 12.

The Early Development of Astrology in al-Andalus

Julio Samso*

AL-MAQQARĪ QUOTES A LONG SERIES of remarks by Ibn Saᶜīd al-Maghribī (1213-1286) on the development of the different branches of knowledge in Muslim Spain. Among them we find the following:

> All sciences are well considered and studied in al-Andalus, except philosophy and astrology *(tanjīm)*, but these two sciences deeply interest aristocrats who do not show towards them the same fear plebeians seem to feel. For whenever people say about a man, "So and so reads philosophy", or "he works in astrology", he will be considered a heretic *(zindīq)*, his spirit will be chained, and if he makes a mistake he will be stoned to death or burnt before news about him reaches the sultan, or it will be perhaps the sultan himself who orders him to be killed so as to gain the favour of the mob. Quite often their kings are the ones who ordain the burning of books concerning these subjects when they find them and this is the way al-Manṣūr b. Abī ᶜĀmir [976-981][1] tried to get near to the hearts of his subjects when he started to promote himself although in secret he still cultivated these sciences, according to al-Ḥijārī, but God knows best.[2]

Ibn Saᶜīd's words summarize clearly what we could pompously call "the place of astrology in Andalusian society until the end of the Caliphate" (1031), thus covering the period I am mainly concerned with in this paper. The importance of professional astrologers among the governing classes seems a well established fact. The Umayyad sovereigns had an official astrologer appointed to their court since the times of al-Ḥakam I (796-822).[3] An anecdote, also preserved by al-Maqqarī,[4] shows the credit enjoyed by the astrologer al-Ḍabbī with such an orthodox amir as Hishām I (788-796), who summoned him to his court immediately after his accession to the throne. Al-Ḍabbī came to Cordova from Algeciras and the dialogue between these two characters is quite interesting because it shows Hishām's efforts to make his religious beliefs consistent with his curiosity to know al-Ḍabbī's prediction of the future of his reign; he, of course, asserts that, in spite of his questions to the astrologer, he does

* Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Letras, Bellaterra, Barcelona, Spain. This paper is mainly a development of works published by my master, Juan Vernet (University of Barcelona). He has provided the bulk of the materials used here, as well as generous advice and corrections. I would also like to thank my friend Miss Elena Montealegre, who corrected the English version of this paper.

1. This is a reference to the partial burning of the library of al-Ḥakam II by al-Manṣūr b. Abī ᶜĀmir.

2. Al-Maqqarī, *Nafḥ al-ṭīb*, ed. R. Dozy (Leiden, 1855-1861), vol. I, p. 136; ed. Muḥammad Muḥyī al-Dīn ᶜAbd al-Ḥamīd (Cairo, 1367/1949), vol. I, pp. 205-206.

3. E. Lévi-Provençal, *Espana Musulmana hasta la caida del Califato de Cordoba* (711-1031 de J.C.). In *Historia de Espana*, ed. by Ramon Menéndez Pidal, vol. IV (Madrid, 1957), p. 93.

4. Maqqarī, *Nafḥ*, ed. Dozy, vol. I, p. 216; ed. ᶜAbd al-Ḥamīd, vol. I, p. 314.

than a_s, his multiplying of both sides of expression (2) by $w \cot h$, and his consolidating of **1** and **2** to avoid having to square a trinominal.

It is not difficult to show that when $a = 90^0$ the algorism of Section 2.3 reduces to that of 2.1. Quite possibly Kāshī first posed for himself the problem with the meridian wall. Having solved it, he may then have set and solved the general case by using essentially the same technique.

Bibliography

1. *Al-Battānī sive Albatenii Opus Astronomicum*, edited and translated by C. A. Nallino, 3 vols. (Milan, 1899-1907).
2. Brahmagupta, *The Khaṇḍakhādyaka*, translated by Probodh Chandra Sengupta, (University of Calcutta, 1934).
3. The article on al-Kāshī in the *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner's Sons, 1970-76).

From the substitution just made, $\alpha = a - a_s$, whence (1) becomes

$$d = w \cot h \sin \alpha. \quad (4)$$

Make use of this in the first term on the right-hand side of (3) to write

$$w \cot h \cos \alpha = d \cot a + w \tan \varphi \csc a - (\sin \omega \csc a)(w \csc h).$$

Now invoke the definitions of the boldface symbols of Section 2.3 above to obtain

$$w \cot h \cos \alpha = \mathbf{1} + \mathbf{2} - \mathbf{3}\, x = \mathbf{4} - \mathbf{3}x, \quad (5)$$

together with

$$w \cot h \sin \alpha = d. \quad (4)$$

Square both sides of (5) and (4) and add the results, obtaining

$$w^2 \cot^2 h = (\mathbf{4} - \mathbf{3})^2 + d^2.$$

Replacing $\cot^2 h$ in the above by $\mathrm{Csc}^2\, h - 1$, and recalling that $w \csc h = x$, we obtain

$$x^2 - w^2 = \mathbf{4}^2 - 2{\cdot}\mathbf{3}{\cdot}\mathbf{4}\, x + \mathbf{3}^2 x^2 + d^2 \; ,$$

or

$$(1 - \mathbf{3}^2)\, x^2 + 2{\cdot}\mathbf{3}{\cdot}\mathbf{4}\, x = \mathbf{4}^2 + w^2 + d^2 \, ,$$

or

$$x^2 + 2\,\frac{\mathbf{3}{\cdot}\mathbf{4}}{\mathbf{5}}\, x = \frac{\mathbf{4}^2 + w^2 + d^2}{\mathbf{5}}$$

or

$$x^2 + 2{\cdot}\mathbf{6}\, x = \mathbf{7}\, .$$

The positive root of this quadratic is

$$x = w \csc h = \mathrm{Csc}_w\; h = \sqrt{\mathbf{6}^2 + \mathbf{7}} - \mathbf{6},$$

as Kāshī claims.

5. *Remarks*

Since in our demonstration the boldface symbols appear in precisely the order in which Kāshī constructs them in the text, it is reasonably certain that the procedure eventually worked out by us follows essentially the course he took a half millenium before. The expression (1) can be thought of as

$$d = f_1(h, a_s),$$

and (2) as

$$a_s = f_2(h),$$

the second to be used to eliminate the a_s from the first in order to produce a relation solvable for h. This indeed can be done, but the algebraic and trigonometric manipulations entailed are very involved.

Kāshī's astuteness is evidenced by his decision to work with $a - a_s$ rather

plane. The horizontal projection of S to S′ gives the solar altitude, h. The four lines drawn heavily on the figure make up two pairs of corresponding lines (altitude and base) of the similar triangles DBT and AST. Hence

$$\text{Sin } h \,/\, \text{Sin } \omega = w \,/\, (w \tan \varphi - d),$$

which is equivalent to Kāshī's rule at 187v:19.

4. *Validity of the General Algorism*

We seek a relation giving $\text{Csc}_w\ h = w \csc h = x$, say, in terms of d, w, a, φ, and δ (or ω). Figure 2 shows a typical situation with the wall and its shadow projected on the horizon plane. Clearly

$$d = w \cot h \sin (a - a_s). \tag{1}$$

An expression giving a_s as a function of h and the parameters named above is

$$\sin a_s = \frac{1}{\cos h} \left(\sin h \tan \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \right). \tag{2}$$

This was regularly applied by the Islamic astronomers, for example in the zīj of al-Battānī ([1], vol. 3, pp. 33, 34). It is given by Kāshī, using, of course the medieval functions, at f. 169v:5-15. The formula is probably of Indian origin (cf. [2], p. 181).

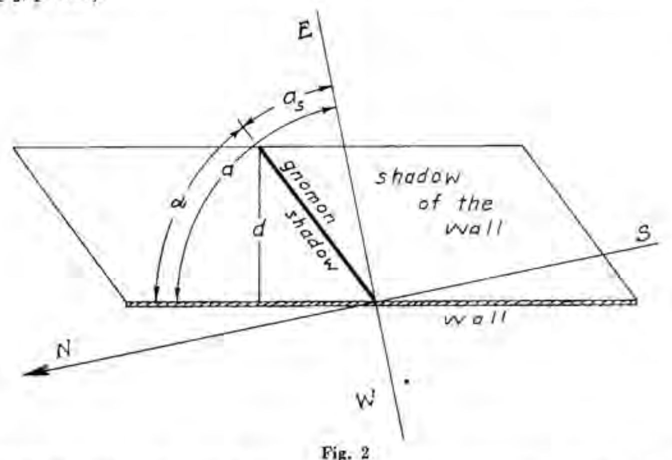


Fig. 2

Multiply both sides of it by $w \cot h$ and replace a_s by $a - \alpha$ to obtain

$$w \cot h (\sin a \cos \alpha - \cos a \sin \alpha) = w \tan \varphi - w \csc h \sin \omega,$$

or

$$w \cot h \cos \alpha = w \cot h \sin \alpha \cot a + w \tan \varphi \csc a - \text{w} \csc h \sin \omega \csc a. \tag{3}$$

(188r:12) $(4^2 + w^2 + d^2) / 5 = 7$

Finally,

(188r:19) $\sqrt{6^2 + 7} - 6 = \mathrm{Csc}_w\, h$.

[Here again, the lack of negative numbers forces Kāshī to give variants for the procedure].

3. *Validity of the East-West Wall Rule*

The general procedure breaks down when $a = 0$, for then $\mathbf{1} = d \cot a$ does not exist. Neither does **2**, for it has $\mathrm{Sin}\, a = 0$ in the denominator. The same goes for **3**, and the succeeding steps make use of **1**, **2**, and **3**.

Hence Kāshī uses a different approach, the legitimacy of which is demonstrated by use of the analemma of Figure 1. This shows the situation as projected on the meridian plane. The planes of the wall, the celestial equator, and the sun's day circle are all perpendicular to it, hence their projections are the straight lines shown. Let BT be the projection of those rays of the sun which strike the top of the wall. Then, since the sun is always on its day circle, its intersection (S) with BT produced is the projection of the sun on the meridian

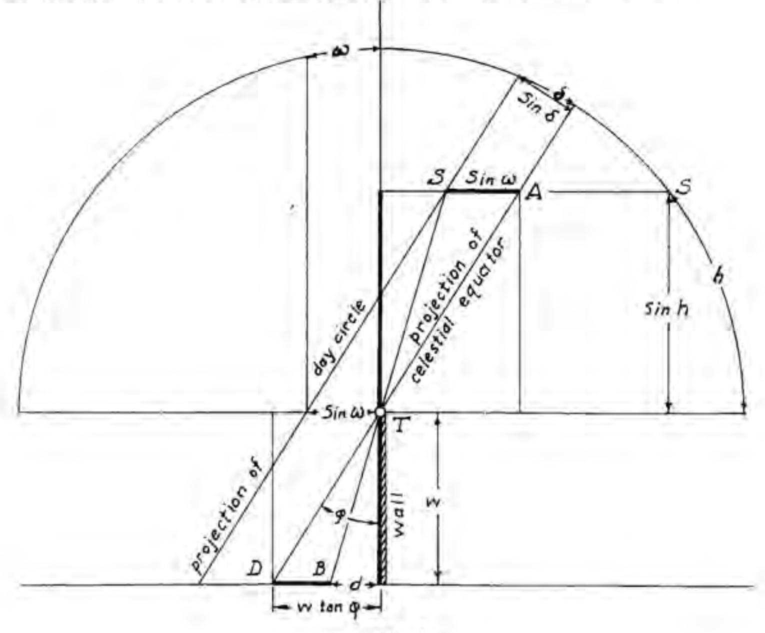


Fig. 1

سمت دیوار برانیم و از آن طالع بیرون آریم قسم چهارم اگر سطح دیوار در سطح هیچکدام از دائره
نصف النهار و اول السموت و ارتفاع کوکب منطبق نبود . درین قسم جیب تمام سمت دیوار در
جیب علامت ضرب کنیم و حاصل بر جیب سمت قسمت کنیم خارج قسمت را محفوظ اول خوانیم
و جیب عرض بلد را در قامت دیوار ضرب کنیم و جیب تمام عرض بلد را در جیب سمت
ضرب کنیم و حاصل ضرب اول را بر حاصل جیب دوم تحفظ قسمت کنیم خارج قسمت را محفوظ
دوم خوانیم و جیب تمام عرض بلد در جیب سمت تحفظ ضرب کنیم و جیب بعد از معدل النهار بر
حاصل ضرب قسمت کنیم خارج قسمت محفوظ سوم بود و اگر محدد زاویه تقاطع خط نصف
النهار و سطح دیوار بجانب قطب خفی بود تفاضل میان محفوظ اول و دوم بگیریم و اگر
بجانب قطب ظاهر بود هر دو را جمع کنیم حاصل یا محفوظ چهارم خوانیم مربع محفوظ سوم را
از واحد نقصان کنیم اگر نتوان کرد الا واحدی از آن نقصان کنیم باقی را محفوظ پنجم
خوانیم محفوظ سوم را در محفوظ چهارم ضرب کنیم و حاصل را بر محفوظ پنجم قسمت کنیم خارج قسمت
محفوظ ششم خوانیم محفوظ چهارم را مربع کنیم و مجذور یکبار را از قامت دیوار د عمود
علامت مربع کنیم و در ... مربع راجع کنیم و بر محفوظ پنجم قسمت کنیم خارج قسمت را محفوظ
هفتم خوانیم و اگر محدد زاویه مذکور بجانب قطب ظاهر بود و کوکب از معدل النهار در جانب
قطب خفی یا عکس و فضل محفوظ اول را بود بیش محفوظ دوم یا هر دو در جانب قطب خفی باشند
و فضل محفوظ دوم را بود محفوظ هفتم را بر مربع محفوظ ششم افزاییم و جذر حاصل بگیریم
و محفوظ ششم را بر آن افزاییم حاصل قطر ظل بود و اگر محدد زاویه و کوکب هر دو در
جانب قطب ظاهر باشند یا هر دو در جهت قطب خفی بود و فضل محفوظ اول را باشد
و محفوظ سوم کمتر از واحد بود مربع محفوظ ششم را بر محفوظ هفتم افزاییم و جذر حاصل
بگیریم و محفوظ ششم را از آن نقصان کنیم باقی قطر ظل بود و اگر محفوظ سوم از واحد زیاده
بود محفوظ هفتم را از مربع محفوظ ششم نقصان کنیم و جذر باقی را بر محفوظ ششم افزاییم
یا از آن نقصان کنیم حاصل یا باقی قطر ظل بود و اگر محفوظ سوم واحد بود بی زیادت و
نقصان محفوظ هفتم را بر ضعف محفوظ ششم قسمت کنیم خارج قسمت قطر ظل بود پس

India Office MS 430 (Ethé 2232), f. 188r

وقسم اول آنکه سمت سطح دیوار ربع دوره بود یعنی سطح دیوار در سطح نصف النهار باشد
درین صورت جیب عرض بلد در قامت دیوار ضرب کنم و حاصل را بر جیب تمام عرض بلد
قسمت کنم خارج قسمت را محفوظ اول خوانم و جیب بعد از معدل النهار بر جیب تمام عرض بلد
قسمت کنم خارج قسمت را محفوظ دوم خوانم و تفاضل میان مربع محفوظ دوم و واحد بگیریم
و آنرا محفوظ سوم خوانم محفوظ اول را در محفوظ دوم ضرب کنم و حاصل را بر محفوظ سوم قسمت
کنم خارج قسمت را محفوظ چهارم خوانم مربع محفوظ اول و مربع هر یک از قامت دیوار عدد
علامت جمع کنم حاصل را بر محفوظ سوم قسمت کنم خارج قسمت محفوظ پنجم بود پس اگر بعد
از معدل النهار در جهت قطب خفی بود و محفوظ چهارم را مربع کنم و محفوظ پنجم را بر آن افزایم
و جذر مجموع را بگیریم و بر محفوظ چهارم افزایم حاصل قطر ظل بود و اگر بعد از معدل
النهار در جهت قطب ظاهر بود و محفوظ دوم از واحد کمتر بود مربع محفوظ چهارم بر محفوظ
پنجم افزایم و جذر مجموع بگیریم و محفوظ چهارم را از آن نقصان کنم باقی قطر ظل بود و اگر محفوظ
دوم زیادت از واحد بود محفوظ پنجم را از مربع محفوظ چهارم نقصان کنم و جذر باقی را بر محفوظ
چهارم افزایم یا از آن نقصان کنم حاصل قطر ظل بود قامت دیوار را بر آن منحط قسمت
کنم تا جیب ارتفاع حاصل شود و در تقاطع خط استوا مربع قامت دیوار با مربع عدد علامت
جمع کنم و جذر مبلغ بگیریم و قامت دیوار در جیب تمام بعد از معدل النهار ضرب کنم و حاصل
را بر آن جذر قسمت کنم خارج قسمت جیب ارتفاع بود و اگر عدد علامت بر جذر مذکور
منحط قسمت کنم خارج قسمت جیب فضل دائر بود قسم دوم آنکه سطح دیوار در سطح اول
سموت بود جیب عرض بلد در قامت دیوار ضرب کنم و حاصل بر جیب تمام عرض بلد
قسمت کنم خارج قسمت را محفوظ اول خوانم پس جیب سعت مشرق کوکب منیر [illegible]
میان محفوظ اول [illegible] عدد علامت قسمت کنم خارج قسمت را در قامت دیوار ضرب
کنم حاصل جیب ارتفاع بود و در تقاطع خط استوا قامت دیوار در جیب بعد از معدل
النهار ضرب کنم و حاصل بر جیب عدد علامت قسمت کنم خارج قسمت جیب ارتفاع بود
قسم سوم آنکه سطح دیوار در سطح دائره ارتفاع کوکب منیر بود در آن حال سایه [illegible]

India Office MS 430 (Ethé 2232), f. 187v

Al-Kāshī's Impractical Method of Determining the Solar Altitude

E. S. KENNEDY* AND M.-TH. DEBARNOT**

1. *Introduction*

The main fame of the Iranian scientist Jamshīd Ghiyāth al-Dīn al-Kāshī (fl. 1400) rests upon his achievements in computational mathematics. (See [3] in the bibliography at the end of the paper). The problem here described may add slightly to his mathematical stature, but it involves the algebraic manipulation of trigonometric relations, not computation as such.

Kāshī's Persian astronomical handbook, the *Zīj-i Khāqānī*, is composed of six treatises. Of these, the last two are completely astrological, the fifth being given over to observational techniques for determining the horoscope at a given time and locality. For this, the commonest method is to observe the altitude of a celestial body, and then to run through a set of calculations.

But Kāshī proposes alternatively to measure the width of the shadow cast by a wall, and from this to *calculate* the sun's altitude at the time. The method is ludicrously impractical, since, in addition to the local latitude and the solar declination, the azimuth of the wall is required for the calculation. And to determine it is much more difficult than to observe the solar altitude directly and be done with it. Clearly he was intrigued by the mathematical problem presented.

In Sections 2.1, 2.2, and 2.3 below we give his rules for (1) an east-west wall, (2) a north-south wall, and (3) the general case, respectively. These are taken from two pages of the text (ff. 187v, 188r), reproduced in facsimile on pages 220 and 221, by kind permission of the Director, India Office Library and Records. They are from the India Office copy of the zīj, MS 430 (Ethé 2232). To identify passages from the text we give in parentheses the folio and line number separated by a colon.

Kāshī was justifiably proud of his solution. In general, he gives proofs for all his rules. For this, however, he says (196v:17-22) he has written the demonstration in a separate study. Let the reader of the zīj try for himself in order to appreciate its difficulty, for once a demonstration is made known it seems easy.

The missing proof is probably not extant, and we were thrown upon our

* Institute for the History of Arabic Science, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

** Pensionnaire à l'Institut Français d'Etudes Arabes de Damas, resident at the Institute for the History of Arabic Science.

able Chinese origin and a rather more certain Islamic transmission to the west. The *Liber Igneum* manuscript shows clear traces of Arab origins and influence. Islam had the paper and the favorable climate which together appear to be important in the reliable performance of primitive gunpowder. Partington has concluded that saltpeter was probably an Arab discovery. Details regarding fuse construction are found in Arabic sources rather than in Bacon. There is pictorial evidence which suggests an association between Arab peoples and the early use of guns in Europe. And finally, it is only in Ḥasan al-Rammāḥ that clear textual linkages with the Chinese chemical tradition are found. These include the organization of the formulas into ratios which assume ten units of saltpeter as the fundamental number, and the use of clearly Chinese terminology.[76] Thus there is substantial evidence to indicate that the role of Arab chemistry in bringing the knowledge of gunpowder to Western Europe was a fundamental one.

76. Partington, *Greek Fire*, pp. 202-3.

APPENDIX. Tabulated Experimental Results

FIRECRACKER TESTS

Types of Reactions	*Powder Formulas Tested*			
	9:1:3	6:1:2	20:7:3	7:5:5
I Explosion.	1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10	1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10	5,6,8,9, 10	
II Rocket effect.			1,2,3,4,7	
III Smoky combustion.				8,9,10
IV No combustion.				1,2,3,4,5,6,7

The Arabic numerals denote individual tests, ten of each being done for each powder formula. Explosions were characterized by sound, by rending of the firecracker case, and by its physical displacement. Rocket effects were characterized by the emission of a column of fire through the fuse hole of the firecracker case. Part of the time the case was moved by the resulting reaction forces from its original partial burial in sand. Smoky combustions emitted no fire, but only a jet of smoke, indicating a rate of burning fast enough to produce pressures inside the case which were significantly greater than those of the atmosphere, but insufficiently great to eject portions of the charge while they were still aflame. In all three of the tests in this category, the 7:5:5 powder was wet-mixed, a procedure not developed until after Bacon's time.

SIMULATED FIREARM TESTS

Types of Reactions	*Powder Formulas Tested*			
	9:1:3	6:1:2	20:7:3	7:5:5
I Wad displaced in barrel	1,3,4,5, 7,8,9			
II Smoke or flame from vent hole	2,6,10			
III No combustion		1,2,3,4,5 6,7,8,9,10	1,2,3,4,5 6,7,8,9,10	1,2,3,4,5 6,7,8,9,10

The Arabic numbers denote individual tests, ten of each being done for each powder formula. In three of the Class I reactions the wad was blown from the end of the barrel with a mild popping sound. In the remaining four trials it was simply pushed up the barrel a few millimeters, sometimes being charred on one side where the powder gases had rushed past it. In Class II reactions all the gases evolved by the charge escaped through the barrel vent, the wad being unmoved. In Class III results the powder failed to ignite.

uncommon commodity in Europe, hardly the sort of material to use in the making of childrens' toys. Parchment was even more costly.[73] Hence it appears once more that Bacon's powder texts may be a not altogether complete report of developments occurring elsewhere. In sharp contrast, paper had been in use in Islam since at least the mid 8th century and was by now quite cheap there.[74] If in fact primitive explosive powders burned better in paper than in metals, this strengthens the likelihood that their discovery was more probably made by Arab than by European chemists.

If the container material is indeed a crucial factor, then the failure of the authors to test the Bacon powder in parchment becomes more serious than might otherwise be the case. Since we could not find any authentic parchment for testing, this aspect of the matter remains to be done, and the outcome might affect our conclusions.

If the factor of atmospheric conditions, particularly humidity, was the problem in the mortar tests, a pro-Arab conclusion again follows. Even in the Middle Ages there was a clear climatic difference between the fogs and rains of northern and western Europe, and the sumnier, drier lands held by Islam.[75] This appears to have been especially true in the thirteenth century.

In summary there appear to be many reasons why Bacon's role in the history of explosive chemistry should be de-emphasized. It cannot be shown that his writing antedates the *Liber Igneum* recipes, and there are substantial reasons for doubting that this is go. Bacon wrote his powder formula in code, and this code was not deciphered until the early twentieth century. Even now there is room for doubting the solution, as one of his passages still resists deciphering. He stated that the use of explosive powder in childrens' toys was already widely known in other lands. He does not provide instructions for the purification of potassium nitrate that are as complete as those of the Arab tradition, even if a favorable construction is placed on the cryptic chapter where these directions occur. There is no evidence, as there is with the best *Liber Igneum* recipes, that contemporaries knew and used his ratios, at least as Hime and Newbold have decoded these. And finally, in experimental tests, the Bacon-Hime powder has proven a failure. Even if a new and more functional formula could be gotten from Bacon's code, the other objections would remain.

Thus it seems unfortunate that Hime and Partington undervalued the best of the *Liber Igneum* recipes, and praised instead the researches of their countryman. There remain many unsolved questions regarding the origin and early history of gunpowder, but the balance now seems to incline in favor of a prob-

73. *Ibid.*, pp. 35-6.

74. *Ibid.*, p. 34.

75. H. H. Lamb, *Climate Present Past and Future* London: (Methuen and Co., 1944), II, pp. 424-473, especially pp. 428n and 439; C. E. P. Brooks, *Climate Through the Ages* (New York: Dover Publications, 1970), Part III, Chapters XVIII-XX, especially pp. 305-6, 319-23, 330, 337, and 339.

Is there something about an environment made of paper which is more conducive to explosive burning of these mixtures than one made of metal? Is the placement of the air space the critical factor? Is there some hidden or unknown meaning, involving an air space or the powder ramming procedure, to the small diameter breech chambers shown on many of the earliest surviving pictures of cannon and small arms?[70] Or could atmospheric factors have made the difference, all the mortar tests being run on the same day.

In evaluating this last factor, the main support for such an interpretation comes from the superior performance of the 20:7:3 powder, which with 10 percent charcoal had the lowest ratio of this ingredient by far of the four powders, the others containing from 22.5 to 30 percent. And yet in this case the sun drying of the powder proceeded as it had done in the firecracker tests, so that there must be some further explanatory factor. The failure of the *Liber Igneum* powders to maintain in the mortar tests their clear firecracker superiority over the 7:5:5 Bacon-Hime powder points in the same direction. And finally sample charges of *Liber Igneum* powder which did not ignite in the mortar exploded satisfactorily when repacked into a paper cracker. (These explosions were not counted in the enumeration given above).

Thus, while the authors have not been able to identify the variable which caused the failure of most of the mortar tests, these at least help to justify the delay shown in the history of explosives between the realization that certain powder mixtures would explode, and the use of these mixtures in guns.[71] Further work is obviously required. As the mortar tests stand, however, they can yield one further insight of possible importance.

It is notable that all the non-Chinese thirteenth century powder manuscripts speak of the use of explosives in paper or parchment containers. Uncontroverted evidence for the existence of guns, on the other hand, does not appear until the fourteenth century. Since our experiments reveal some sort of factor which prevented our powder mixtures from performing as well in metal pressure vessels as in paper ones, it becomes important to note that in the thirteenth century paper was a relatively scarce commodity in Christendom. Its manufacture in Europe did not begin until the mid-thirteenth century, and it did not become commonplace until rags began to be used in its manufacture in the succeeding century.[72] Hence in Bacon's time paper was an expensive and

70. As for instance in Konrad Kyeser aus Eichstätt, *Bellefortis*, dating from about 1404, or the Hussitenkrieg Handschrift of about 1430. For a discussion of these and other early military manuscripts see Bertrand Gille, *Engineers of the Renaissance* (Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1966).

71. Chinese, Mongolian, or Islamic uses of gunpowder appear to date from the twelfth century or even earlier. The first datable illustration of a gun comes from the Walter Milemete manuscript of about 1326. An Arabic manuscript of the fifteenth century, which may derive from an early thirteenth century original shows a gun with a ball being thrown from its mouth, but the dating is disputed. See Partington, *Greek Fire*, pp. 204-6, and fig. 10.

72. Blum, *Origin of Paper*, pp. 22-33.

than does the firecracker. Accordingly, this was done. Model mortars were constructed of steel pipe, closed at the breech by a threaded cap, the pipes being 150 millimeters long and 19 millimeters in internal diameter. The caps were drilled with ignition holes of 3.2 millimeters diameter, the smallest which would function reliably with our mixtures. Ignition was done by wooden matches, red hot iron, and with fuses made as described above. Thus these mortars were very similar in size and shape to the earliest surviving hand cannon.

To load the mortars a charge of powder of about 1.25 grams was used for all formulas. It was not weighed each time, but determined by stricken measure. This charge was rammed well into the base of the breech cap in obedience to the traditional instructions regarding the best handling of serpentine powder, reinforced by Williams' more recent experience.[68] Meantime the barrel of the mortar was prepared by ramming a wad of crumpled newspaper down its length until the wad reached to within about 15 millimeters of the threaded end. This meant that when the cap was screwed onto the barrel an air space of slightly greater than this height was left between the wad and the powder charge. Notice that this arrangement varied somewhat from that of the firecracker configuration, for in the latter the fuse was able to burn in an air space before reaching the powder, whereas in the mortar the flame had to burn through the powder before reaching the airspace. This consideration may account for some of the variation between the two series of tests, but it seems unwise to make it the sole explanatory factor. For anyone interested in duplicating our experiments and extending the results, we would suggest closing the breech of the barrel with a plug containing a small diameter chamber loaded in some way as to preserve an air space around the fuse even after the charge has been rammed. Perhaps this would give better results than we obtained.

The mortar tests were run in parallel to the firecracker tests, ten shots with each of the same powder formulas being tried. Only the powder made according to the Newbold formula gave any successes, and these were not uniform. In seven of its ignitions the powder either burned with enough speed to expel the wad with a mild popping sound, or at least jetted flame and fire past the wad with sufficient force to move it from its original place or burn a portion of it. In the remaining three trials, the gas and flame simply jetted out the vent hole, nothing else being accomplished.

In none of the three remaining series of tests were the authors able to make the powders perform at all reliably. In most cases they resisted repeated attempts to light them.[69] Why this should be remains something of a mystery.

68. See note 64 above.

69. If the ignition was attempted by trickling loose powder down into the vent hole, this loose powder would burn and then the reaction would stop, leaving the main charge intact. If ignition was done by thrusting a red hot wire into the vent hole, nothing at all would happen. Fuses would burn down to the main charge and then go out.

residue on the inside. This provided additional evidence that the *Liber Igneum* powders had burned much more rapidly and thoroughly than the Bacon-Hime mixture. Hence Hime's belief that the explosions described in *Liber Igneum* were due to the slow buildup of pressure inside the case fails for this reason also.

Open air burning of the *Liber Igneum* powders further confirmed this view. The best instances of these tests displayed burning times of less than three seconds, and the longest burns needed less than five seconds. The flames were of a lighter red, verging on white. In a good ignition the individual sparks would coalesce into a single central column of fire. The burning would be continuous, rather than sputtering, and would often be accompanied with a hissing or rushing sound. The smoke volume was lower, the remaining residue less, and of a lighter gray color. Generally ignition was accomplished easily with a wooden match, smouldering fuse, or red-hot iron.

The powder having a ratio 20:7:3 displayed characteristics intermediate between those of *Liber Igneum* and Bacon-Hime. This is gratifying, because as was stated above it was based on Newbold's interpretation of Bacon's anagram, and was chosen, in spite of the flaws in Newbold's approach, admitted both by himself and his editor, because of its closeness to modern powder ratios. With a 66 percent saltpeter content it contained nearly as much as nineteenth century Russian blasting powder, and 6 percent more than Austrian mining powder of the same era.[66] But obviously it has too much sulfur and too little charcoal. In half the tests it did not explode but merely burned rapidly, usually emitting a jet of fire like a rocket.[67] In one instance the bottom of the case was opened by the charge, but whether this was done by gas pressure or merely by the cutting of the flame jet could not be determined by examining the case.

It follows straightforwardly from these tests that the Bacon-Hime powder does not appear to measure up to the claims which have often been made for it. But since Hime may not have interpreted Bacon's anagram correctly, an element of doubt remains as to whether it was Bacon or Hime who appears to have unjustly occupied a place of importance in the history of chemistry. Since Newbold's interpretation of Bacon's formula also appears to function less well than the *Liber Igneum* mixtures, the authors are inclined to assume that the Arabic tradition of powder transmission is the much more probable one. But since some future student may devise a more functional interpretation of Bacon's cypher, it seemed well to attempt to find other ways in which to compare the English and Arabic accounts of gunpowder origin.

Obviously one way of doing this is to try the ancient powder recipes in a testing arrangement which more closely duplicates the situation of a firearm

66. Partington, *Greek Fire*, p. 326-7.

67. Fire was emitted in three of the five non-explosions, and jets of smoke only in the remaining two instances.

Several further observations indicate that the Bacon-Hime powder contained an excess of charcoal and a deficiency of potassium nitrate. In comparison with *Liber Igneum* powder it produced more smoke, of a darker and denser quality, and left more sooty residue behind when the burning ceased. It absorbed moisture much more readily. When stored under conditions of high humidity together with *Liber Igneum* powders and then dried in the sun in glass containers with lids placed loosely atop, the Bacon-Hime powder would cover the inside of its jar with a white condensation which completely fogged the side of the jars, rendering the powder within invisible. The *Liber Igneum* powder would emit only enough water to condense here and there into droplets on the glass. Obviously the high percentage of charcoal in the Bacon-Hime powder had made it much more hygroscopic.

This being the case, it is worth noting that the tests were conducted under temperature and weather conditions which were held as nearly constant from one powder batch to another as was practicable. Temperatures during the tests ranged from 70 to 89 degrees Fahrenheit, and humidity from 68 to 80 percent.[65] After days of rain or very high humidity, the powder ingredients were oven dried separately at 107 degrees Celsius for half an hour before mixing. Mixed powder stored overnight or longer was spread out in the sun for half an hour.

Again referring to the table, it can be seen that the two *Liber Igneum* powders both performed satisfactorily in the firecracker tests. In no case out of the twenty tests (ten of each formula) did the result fall short of explosion. One of the crackers charged with 6:1:2 powder required relighting a second time, and one of the 9:1:3 crackers required two relightings. These failures, however, may have been due to the fuses. In contrast, some of the 7:5:5 crackers were re-fused as many as five times without successful ignition.

The explosive reaction was registered in various ways. Sometimes the wooden plug was blown from the case. At other times the case end was blown off, or a hole was torn in one side of the tube. The plugs were blown as high as six meters, in the authors' estimation, and case fragments were thrown as far as eight meters from the ignition site. The noise of the explosion might best be described as a pop, a boom, or a roar, rather than a sharp, violent crack. In comparison with modern firecrackers, containing only 100 milligrams of powder the *Liber Igneum* crackers were much less noisy. Thus, while their powder is much more functional than that of the Bacon-Hime formula, it is by no means of modern strength.

In comparing the salvaged casings left behind after the *Liber Igneum* explosions with those left after the wet-mixed Bacon-Hime burns, it was noticed that the *Liber Igneum* cases were much less charred and much less coated with

65. Testing was done in West Lafayette, Indiana, during June, July, and August of 1978.

cylinders bent into a zig-zag shape.[62] Called English Crackers, or grasshoppers in England, these folded crackers are used as toys by children, reminding one that in Bacon's time this was already true in "diverse parts of the world". Lit at one end, they give a separate explosion each time the flame burns through a bend in the tube. When fired on the ground they leap up at each blast, hence the name grasshoppers. Their oldest description in writing goes back to the 1630s.[63] These bent or folded crackers hence perhaps offer another instance of western European indebtedness to the *Liber Igneum* tradition.

In charging the crackers the authors settled on a uniform charge of 1.3 grams. As Bacon specified that an air space should be left inside the case, (which was about the size of man's thumb, and to be filled half full), an air space about 12 millimeters long was left inside the case between the base of the wooden plug and the top of the charge. The charge was rammed well down into the tied-off end of the case in obedience to the traditional instructions regarding the handling of uncorned powder.[64] Thus part of the pressure contributing to the expulsion of the fuse came from the heating of the air in this space.

As can be seen from the first of the two tables appended to this paper, the powder prepared according to the formula which Hime published as the solution to Bacon's anagram fell far short of his claims made for it. Out of ten attempts, using the firecracker arrangement just described, seven did not ignite at all. In the case of the three charges which did burn to some degree, these were all three specially prepared charges, wet-mixed in an attempt to give the Hime-Bacon ratio an even greater chance to prove itself than the conditions of the experiments had heretofore done. Even this wet-mixed powder did not explode. It burned in a slow, sluggish, incomplete fashion. There was no spurt of fire from the fuse hole, but only smoke. Thus this mixture fell short even of performing at the level of a rocket.

Open air burning tests of this same mixture confirm its poor proportions. After repeated failures in the cracker configuration, using fresh lengths of fuse inserted into the case, the powder was poured out on a board and attempts were made to light it using various means, including wooden matches, red hot iron wires, smouldering lengths of fuse, and a propane torch. Often repeated efforts would be required, even with the torch. Once lit the powder would burn slowly, requiring from seven to as long as nineteen seconds for the flame to completely traverse the pile. The flames of the burning were of a dull red or orange color. Many separate sparks could be observed, indicating the ignition of single particles only, whose burning lasted long enough to identify them as individual flames as they were carried upward through the air.

62. Davis, *Chemistry of Powder*, pp. 74, 111.

63. According to Davis, *Chemistry*, pp. 40 and 55, they appear in Hanzelet Lorraine, *La Pyrotechnie* (Pont à Musson, 1630); and John Bate, *The Mysteries of Nature and Art* (London, 1635).

64. Hime, *Gunpowder*, p. 181; Williams, "Some Firing Tests".

Perhaps the best way to appreciate all of this is to obtain some parchment and some common paper and experiment with its behaviour. At any rate, it can be seen that the relevant texts harbor difficulties that lie in the path of Hime's interpretation.

All that Bacon says about his parchment cases is that they are about the size of a thumb, and made of a small piece of the substance.[58] But unless an exhorbitant number of wrappings of this stronger material are used, any parchment piece which can be coiled into a thumb-sized roll must necessarily be small in comparison to, say, a folio-sized sheet. The point of Bacon's remark is simply to marvel that something as small as a thumb can emit a sound that compares with the roar of an immense thundercloud. He is not giving precise materials specifications. And finally, Bacon notes that if the case of the cracker could be made "of solid material" *(de solidus corporibus)*[59] the violence of the explosion would be much greater. From this it would seem to follow that his powder was at least as dependent upon close confinement for its successful explosion as that described in *Liber Igneum*. Hence these texts will hardly bear the weight of the interpretation that Guttmann, Hime, and Partington have put upon them.

In closing out this topic, one must note that the *Mirabilis Mundi* text specifies a case made of paper *(tunica de papyro)*.[60] Thus, if this work is indeed the product of Albertus Magnus or one of his pupils, the use here of the same material as in *Liber Igneum* helps further to lead the European powder tradition into a relation of dependence upon prior Arab experiments.

Aside from the material of the case, Bacon does not specify its form. But since it was like a thumb, it must have been a cylinder. In *Liber Igneum*, however, it is stated that the rocket case may have "bends at will" *(plicaturas ad libitum)* (Guttmann's translation), but that the cracker case may have "only some bends" *(quam plurimas plicaturas)*.[61] The meaning of this is not altogether clear. Guttman has chosen to translate *plicaturas* as indicating folds or bends. It might alternatively be translated as wraps or coils, and in this connection the passage could indicate that the cracker cases should be thicker than the rocket tubes. It is not quite clear why a rocket tube would benefit from being folded upon itself, unless this were to be done to the head of the case, so as to produce one or more aerial explosions after the tube had reached its full altitude. How this might be done, and how *plicaturas* of the bending or folding sort might be applied to firecrackers, is explained by the existence in France and England of an old firecracker tradition using powder-filled

58. Hime, *Gunpowder*, p. 159; Partington, *Greek Fire*, p. 77.
59. Partington, *Greek Fire*, p. 78.
60. *Ibid.*, p. 86.
61. Guttmann, *Manufacture*, p. 8.

The authors found that with powder which did burn explosively, the fuse was generally expelled from the hole at the time of the explosion, and often beforehand. What seems to occur is that the gases generated by the burning of the fuse composition create enough pressure in the case to blow out the fuse, even before the main charge has been well lit. The explosion then occurs even with a vent open to the atmosphere. With good powder the explosion will rend the case. With powder not so good the rapid burning may take the form of a rocket effect, with a jet of fire being sprayed from the fuse hole. With bad powder, the fuse will burn down inside the case, often expelling itself through its own gas pressure, but at that point the process stops. The powder fails to ignite.

And indeed Hime's discussion of the difference between the firecracker cases of Bacon and of *Liber Igneum* fails to consider that they were made of different materials. In *Liber Igneum* both the rocket and firecracker cases were made of "papyro", or paper,[52] named after the papyrus from which it was first made. In *Opus Majus* and *Opus Tertium*, Bacon's terms for the case material are "pergameno", and "pergameni",[53] which translate as *parchment*. The name derives from the town of Pergamum, famous in antiquity for its library, where the use of parchment as a writing material was first developed.[54]

The *Liber Igneum* texts do indeed specify that rocket and firecracker cases should be made "short and stout" *(brevis et grossa)*,[55] but this may be only to contrast their external dimensions with the rocket cases, which are to be made "thin and long" *(gracilis et longa)*,[56] presumably to give them better aerodynamic qualities and to prolong the burning of the powder column. Even if the "stoutness" refers to the thickness of the sidewalls of the case, rather than to the ratio between its height and diameter, the use of paper rather than parchment may account for this difference. Before the middle of the thirteenth century, paper was generally made of vegetable fibers of a non-cotton sort. It was rejected by law for such important uses as documents because it was neither as strong nor as durable as parchment.[57] If many layers of paper were necessary to make an adequate cracker case, then binding the ends would indeed require strong wire, as the authors' experience with case manufacture of newsprint showed. Even with thin paper the crimping involves much effort.

52. Partington, *Greek Fire*, p. 54. The older term had been transferred to the newer material, but by the Middle Ages, at least in the lands dominated by Islam, papyrus had been displaced by paper. See Andre Blum, *On The Origin of Paper*, trans. by Harry M. Lydenberg (N.Y.: R. R. Bowker Co., 1934).

53. Partington, *Greek Fire*, pp. 77-8 .

54. Dard Hunter, *Papermaking, The History and Technique of an Ancient Craft* (New York: Alfred A. Knopf, 1943), pp. 14-18.

55. Partington, *Greek Fire*, p. 49.

56. *Ibid.*

57. Blum, *Origin of Paper*, pp. 16, 19-23, 34.

ture explosion or ignition. After a series of initial tests of mixing times of varying lengths it was decided to standardize on twenty minutes of hand mixing. This was done throughout the tests reported below for all the formulas tested. Unless otherwise noted, all powder was dry mixed.

To prepare the firecracker casings common newsprint was torn into strips, wrapped a certain number of times around a 19 millimeter mandrel, and taped longitudially along the free edge with a single piece of masking tape to prevent its unwrapping. The tube thus formed was then slid off one end of the mandrel for a distance sufficient to permit crimping the paper together and tying it shut by wrapping it tightly with 90 kilogram test dacron string. This gave a paper tube closed at one end. To close the other after the powder charge had been inserted, wooden plugs with holes drilled for the fuses and lathe turned for a slip fit into the cases, with a groove around the outside, were used. After these plugs were in place, further windings of string compressed the paper case into the plug groove, thus closing the remaining end of the case.

The cases were initially made in two thicknesses, one having eight full thicknesses of newsprint and the other seventeen. This was done in an effort to test Hime's belief that it was the strength of the case only which permitted *Liber Igneum* powder to make an explosive noise. After initial testing it was found that Hime's opinion did not fit the facts, and the remainder of the tests were conducted with a standard case of 17 thicknesses of newspaper. This approach, in common with the procedures described above, gave the Bacon-Hime powder advantages which historically it may not have enjoyed, thus increasing the rigor of any negative test results.

It was the behaviour of the fuses which provided the authors with the first experimental evidence of Hime's error. After several unsuccessful attempts at fuse manufacture the authors settled upon one made from three pieces of common parcel string twisted separately and then laid up into a miniature rope. This was then thoroughly smeared with a paste made by wetting modern commercially made black gunpowder with water. When dried this burned satisfactorily. Its finished diameter was such that it would just slide through a hole 2.2 millimeters in diameter.

With the fuses thus merely slid into place in the cases the authors fell short of obtaining the gas-tight seal that Hime thought necessary for the *Liber Igneum* powders to burn well. *Liber Igneum* recipe 13 does indeed specify that fuses should be made smaller at the ends than in the middle, and that the fuse hole should be a small one.[51] However, the text does not specify that the fuses should be inserted until they seal the hole, and the tapering of the ends may only have been to facilitate their initial insertion. At any rate, since Bacon is silent on the matter of fuses, here again the *Liber Igneum* text gives more evidence of actual experience.

51. Guttmann, *Manufacture*, p. 8.

al-Rammāḥ's ratios are close to those of Newbold, so that the results of testing the latter can be partly applied to the former.

To prepare the powders modern ingredients were used. This gave all the old ratios the benefit of the doubt, but Bacon's more than *Liber Igneum*, since the saltpeter purification process described in Bacon is inferior to that of the Arabic tradition.[44] Also, since the percentage of potassium nitrate in Bacon's formula is smaller by about a third than the *Liber Igneum* recipes, it seems obvious that his recipe will suffer from a shortage of oxidizer to a much greater degree than its rivals. Thus, providing Bacon's formula with modern ingredients will differentially confer an advantage upon his formula, and make the experiment a stronger test in the event of his powder performing badly. It is in any case impossible to duplicate exactly the purity levels of medieval ingredients.

The oldest surviving works which compare the strengths of powder containing varying proportions of potassium nitrate, assign the higher performance levels to the formulas containing more of this ingredient, either implicitly or explicitly. Francesco di Giorgio Martini, for instance, writing in about 1465, listed powder formulas appropriate for guns of different sizes.[45] The formula for bombards and mortars shooting stones of 200 pounds or more contained only fifty percent saltpeter. The percentages increased steadily as the gun size decreased, reaching 74 percent in small arms. Since the guns of the time were known to be weaker in the larger than in the smaller sizes,[46] it must follow that the formulas lower in saltpeter had lower performance levels. The same conclusion can be drawn straightforwardly from the formula lists given in Tartaglia, who wrote before 1537;[47] from the *Stridhs-konsth* of Peder Mansson, written before 1534;[48] and from German and French sources of the 1540's and later.[49]

From these data and our experiments, we suggest that very early powder formulas approximating to 1:1:1 could only be used in applications where the charges were large enough to permit temperatures, pressures, and thus burning rates, to rise greatly after ignition, but before the powder was consumed.

For mixing the ingredients the *Liber Igneum* text suggested braying them together on a marble slab.[50] The authors found a ceramic mortar and pestle to be sufficiently authentic, and much more convenient to use than a flat surface. Ingredients were weighed to the nearest half gram, and mixed in very small batches under suitably controlled conditions to minimize the danger of prema-

44. See note 17 above.
45. Partington, *Greek Fire*, p. 163.
46. Tartaglia, *Three Colloquies*, pp. 78-9, and p. 15 of Lucar's appendix.
47. *Ibid.*, pp. 72-4.
48. Partington, *Greek Fire*, p. 163.
49. *Ibid.*, p. 325.
50. *Ibid.*, p. 49.

misfire once in every four shots or more. These misfires took the form of non-explosive burning, wherein the release of gases would be so slow that much of the energy of the charge would vent itself through the touch hole of the gun into the air, rather than ejecting the ball. Occasionally under these conditions the ball simply rolled to the muzzle of the gun and dropped to the ground immediately below. When the dry mixed powder did explode it was capable of throwing a ball at velocities ranging from 190 to 270 meters per second. Generally it failed to penetrate simulated armor at roughly 9 meters distance. Wet mixing the powder increased the muzzle velocities by about 30 meters per second, and the rate of misfires dropped to less than one in ten. The simulated armor was now penetrated about half the time.

These tests were all run using iron tubes to simulate the barrel of an early gun. As noted above, neither Bacon nor the earliest Arab traditions discuss powder explosions in this context. Rather they specify that to make a noise like thunder and a flash like lightning, one should construct a small paper or parchment cylinder, about the size of one's thumb, bound at the ends with iron wire and half charged with powder. What they describe is thus an ancestor of the modern firecracker.

It was decided to conduct a series of experiments using powders whose ratios were the same as Hime's interpretation of Bacon's anagram (7:5:5), the two best recipes in *Liber Igneum* (6:1:2, and 9:1:3), and an amended interpretation of Bacon's cipher by Newbold (20:7:3).[43] The latter appears to have attracted little attention among subsequent students of gunpowder history, doubtless in part because its author admitted that he had reached his conclusions by an arbitrary process, and his posthumous editor moreover detected errors in his cryptographic process. The closeness of the Newbold ratio to modern powder, however, offered an opportunity to see what dry-mixed powder of a more optimal potassium nitrate percentage than that tested by Williams would offer in the way of performance. The *Liber Igneum* recipes were tested in preference to those of Ḥasan al-Rammāḥ for three reasons. First the *Liber Igneum* text claims that the powder will explode, which Hasan does not. Second, the *Liber Igneum* texts are more important in European history. Third, since Ḥasan al-Rammāḥ's potassium nitrate ratios are closer to modern values, testing the inferior *Liber Igneum* ratios poses a more crucial test for the importance of the Arab chemical tradition. As it happens, Ḥasan

43. William Romaine Newbold, *The Cipher of Roger Bacon* (Philadelphia: The University of Pennsylvania Press, 1928); see also Robert S. Brumbaugh, editor, *The Most Mysterious Manuscript: The Voynich "Roger Bacon" Cipher Manuscript* (Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press, 1978), especially page 35. Davis, *Chemistry of Powder*, p. 38, translated Bacon's text so as to yield a formula of 6:5:5. Davis believed that it "probably" would not make very good gunpowder, so he does not appear to have tested any. The authors did not make any powder using this formula as the Hime-Bacon numbers appeared sure to give more favorable results, and thus to offer a more crucial comparison between Bacon and the Arab formulas.

addition Partington's view that the man shown in *Bellifortis* firing a rocket is dressed in Arab costume.[37] He is additionally of the opinion that the man firing the cannon in the Milimete manuscript, the oldest surviving clearly dated picture of a cannon in existence, is shown with a darker complexion than an Englishman would likely have possessed.[38] The early Spanish artillery treatise of Diego Ufano seems to follow *Liber Igneum* phrasing in one instance.[39] And finally, one of the manuscripts of Francesco di Georgio Martini, who flourished ca. 1450, contains an Italian translation of *Liber Igneum.*[40]

From the above it now appears that the rival claimants to the introduction of gunpowder into Europe, Bacon and the Arabic alchemical tradition, now appear to have origins in roughly the same time period. Fortunately, the considerable composition difference between their formulas offers a way of resolving some of the resulting uncertainty. Upon examining the literature the authors were unable to find any previous instance of an experimental test of Bacon's formula. Two experiments came close, and both tended to reinforce the doubtfulness of Bacon's claims.

Tage Lassen experimented in the 1930's with a mixture of 35:35:30, and found that even when a very large powder charge, almost equal in weight to the ball, was used in a duplicate of a 14th century hand cannon, the ball was thrown less than 20 meters.[41] Lassen did not specify whether this powder exploded, with a sharp cracking or booming sound; or whether it simply burned rapidly, with a rushing or hissing sound. Lassen reported that in damp weather this mixture would not ignite, doubtless because of the hygroscopicity of the charcoal.

In 1974 Williams published the results of test firing a similar fourteenth century handgun design with a mixture of 6:1:2, or the Albertus Magnus *Liber Igneum* mixture number 13.[42] Lassen had simply dry mixed his ingredients, since wet mixing, with subsequent drying of the paste and then crumbling it into "corns" or "grains" does not appear to have been known before the late fourteenth or early fifteenth centuries. Williams tested his mixture first by dry-mixing only, and then by additionally moistening and corning it.

The dry-mixed powder, presumably the version which would have been known in the thirteenth century, did not perform at modern levels. Unless carefully rammed, it would tend to settle out into its ingredients, and then

37. Partington, *Greek Fire*, pp. 147-8; Eichstätt, *Bellifortis*, folio 102 Recto.

38. Partington, *Greek Fire*, pp. 98-9; Dudley Pope, *Guns* (London: Spring Books, 1965), page 9, the top illustration.

39. Partington, *Greek Fire*, p. 167.

40. *Ibid.*, p. 163.

41. Tage Lassen, "Hand Cannon to Flintlock", *The Gun Digest*, 10 (1956), pp. 33-40, especially p. 36.

42. Alan Williams, "Some Firing Tests With Simulated Fifteenth-Century Handguns", *The Journal of the Arms and Armour Society*, 8 (1974), pp. 114-120, and Plates XLIX-1.

contains about 41.2 percent saltpeter, and about 29.4 percent of both sulfur and charcoal.

The early Arab mixtures, in contrast with Bacon's, are much closer to the modern ratios. Ḥasan al-Rammāḥ's recipes, for instance, are organized around the ratio of ten parts saltpeter to one or two parts sulfur and two to three parts charcoal.[31] Thus Ḥasan's potassium nitrate percentages range from about 66 to 72 percent, well within the range of variation encountered in gunpowder as late as the nineteenth century.[32] The case is similar for the best recipes in *Liber Igneum*. As noted above, Numbers 13 and 33 specify the ratios 6:1:2 and 9:1:3 respectively. The saltpeter percentages here are 66 and 68, in that order. These data appear to be difficult to reconcile with Hime's contention that the strength of the firecracker cases in *Liber Igneum* is the only factor which enables these powders to explode.

Before closing off the discussion of problems in earlier interpretations, it seems appropriate to point out the positive contributions made by Hime, Partington, and Guttmann to the understanding of the role of *Liber Igneum*. Their work makes it clear that the attribution of the manuscript to Mark the Greek should not obscure the traces of Arab origin in the earlier part of the piece.[33] The employment of Arabic terms and the reference to eastern Mediterranean *kharīf* rains, both point in this direction. Thus it appears that a Greek or Byzantine role in the history of the text is limited to its transmission.

Moreover, the historical role of *Liber Igneum* in the diffusion of gunpowder technology in Europe is both considerable and clearly demonstrable, in sharp contrast to the uncertain status of Bacon's formula before Hime deciphered it. As noted above, Albertus Magnus appears to have known a recipe before 1280 which is frequently identical in its wording with *Liber Igneum* recipe number 13. The first important powder discussion in German, Konrad Kyeser von Eichstätt's *Bellifortis*, written before 1404, contains the *Liber Igneum* text.[34] The Munich manuscript CLM 197, from the second quarter of the fifteenth century, also contains it,[35] as do most of the manuscripts in the extremely important German fifteenth century *Feuerwerksbuch* tradition.[36] As was mentioned above, the oldest English powder manuscript after Bacon, that of Robert Arderne, seems to be condensed from *Liber Igneum*. It is in

31. *Ibid.*, pp. 202-3.

32. *Ibid.*, pp. 324-7.

33. As, Hime, *Gunpowder*, pp. 70-86; Partington, *Greek Fire*, pp. 57-61; Guttmann, *Manufacture*, p. 9.

34. Konrad Kyeser aus Eichstätt, *Bellifortis*, trans. and ed. by Götz Quarg (Dusseldorf, Verein des deutscher Ingenieure, 1967), pp. 57-77 (folios 91b-103a).

35. Partington, *Greek Fire*, pp. 144-5.

36. *Ibid.*, 152; Wilhelm Hassenstein, ed., *Das Feuerwerksbuch von* 1420 (Munich: Verlag der Deutschen Technik, GMBH, n.d.), pp. 85, 87.

in many parts of the world.[25] If this is the case, then what possible reason could Bacon have for writing about gunpowder in code? And what becomes of his claim to its invention if within two decades at most of his coded revelation children were commonly playing with such mixtures? And does not Bacon's reference to children of "the world", rather than to, say England or Christendom, hint that gunpowder may have come to Europeans from some other civilization?

The simplest way of solving this problem seems to be the assumption that Bacon wrote in code because he was worried about incurring the suspicion and the wrath of a Church increasingly suspicious about his interest in scientific experiment.[26] It is well known that his interest in Arabic science made him suspect, and he might well have chosen to conceal the source of his information for this reason. In this view, then, Bacon was a persecuted transmitter of chemical information rather than an innovator.

But perhaps allowance should be made also for the possibilities that Bacon's writings have been corruptly transmitted to posterity, or that his codes have not been correctly solved. A point to notice in this connection is that the earliest manuscript of *De Secretis* is fragmentary and does not contain the powder formula anagram. The oldest complete manuscript is from the fifteenth century, or well after gunpowder had become common.[27]

A major difficulty with the Bacon-Hime formula is its very low proportion of potassium nitrate in comparison with the bulk of the surviving early powder formulas. It is true that a few early German formulas give low percentages of saltpeter, and some of the formulas which Tartaglia specifies as "most ancient" drop down as low as 1:1:1.[28] This stinting on the vital oxidizer for the mixture could doubtless be justified on the grounds of the high relative cost of saltpeter. Hime's researches testify amply to this.[29] But the imbalance of the mixture from a modern perspective raises the question of just how well Bacon's powder really worked. As Partington has pointed out, even clearly incorrect and unworkable recipes were often transmitted alongside proper ones, perhaps in the hope that further investigation would uncover their "secrets".[30] Modern black powder generally contains around 75 percent saltpeter, 10 percent sulfur, and 15 percent charcoal. The Bacon-Hime mixture

25. *Ibid.*, pp. 77-8.

26. *Ibid.*, p. 76, provides notes to the other participants in a discussion of this point. A good biography of Bacon is Stewart C. Easton, *Roger Bacon* (New York: Columbia University Press, 1952). For his interest in Arab science see pp. 22, 70-71, 230.

27. *Ibid.*, p. 69.

28. Niccolo Tartaglia, *Three Bookes of Colloquies, Concerning the Arte of Shooting in Great and Small Pieces of Artillerie*, translated by Cyprian Lucar (London: J. Harrison, 1588), p. 72.

29. *Gunpowder*, pp. 184-6.

30. *Greek Fire*, pp. 58, 150-51.

nitrate. For Partington this "first clear account of the process" dates from around 1280.

Ḥasan al-Rammāḥ shares with *Liber Igneum* the credit for introducing the idea of the fuse and information on how to install it successfully in a firecracker case.[18] As will be seen below this is a point of some importance, given the behaviour of early gunpowder. Bacon is silent on the topic.

An additional problem in Hime's analysis is his complete neglect of *Liber Igneum* recipe 33. He considers recipes 12 and 13, but dismisses them as capable of producing a rocket effect only.[19] It is true that the recipes speak of the manufacture of "flying fire", but recipe 13 gives in addition directions for making a casing in which the powder will explode.[20] Recipe 33 speaks also of the making of "flying fire," but its potassium nitrate content, at 68%, is even higher than that of recipe 13, which contains 66%.[21] As will be seen below, these percentages appear to be crucial. Partington gives a translation of recipe 33, but then passes on without further substantial comment.[22]

A remaining difficulty in Hime's presentation has to do with the cryptic original form of Bacon's explosive powder formula. Given as an anagram, it was apparently not deciphered until Hime published on it in 1904.[23] This late date immediately raises the question of whether anyone else between Bacon's time and the beginning of the twentieth century had been made privy to Bacon's "secret". If they had not, then how did the knowledge of powder manufacture diffuse through late medieval Europe?

The only other early English powder formula, that of a Doctor Arderne, living in Newark until about 1377, is not the same as that of Bacon-Hime. It specifies as ratios 6:1:2. This is the same as recipe 13 from *Liber Igneum*, and indeed Arderne follows that source word for word in places, both here and in other places in his writings.[24] After Arderne there seem to be no other peculiarly English powder recipes until the time of Peter Whitehorne, who wrote in 1562.

Indeed, the whole question of secrecy in Bacon's work appears to have been seen from the wrong vantage. His use of code has helped give credence to the belief that he was one of the very first persons to know explosive powder. But the cryptic descriptions in his works were written at the earliest in the 1250s, and possibly as late as 1265-8. Thus it is important to notice that in *Opus Majus* and *Opus Tertium*, written 1266-68, he describes gunpowder in clear and straightforward Latin as being used in children's toys which are known and used

18. *Ibid.*, p. 203; Guttmann, *Manufacture*, p. 8. Both Hime and Partington omit this last reference.
19. *Gunpowder*, pp. 86-7.
20. Guttmann, *Manufacture*, p. 8.
21. Hime, *Gunpowder*, p. 67.
22. Partington, *Greek Fire*, p. 54.
23. *Gunpowder*, pp. 157-8.
24. Partington, *Greek Fire*, pp. 323-4.

Partington departs from Hime's approach at this point, however. Whereas Hime had characterized Bacon as the discoverer of gunpowder, Partington felt that this was uncertain. Bacon certainly knew of its explosive properties and other effects, but Partington expressed some doubt that he had ever worked with it personally.[11] The question of whether Bacon had received knowledge of explosive powder from an earlier source, such as *Liber Igneum*, Partington dismissed as being incapable of a definite answer.[12] Even with this uncertainty, however, Partington felt that Bacon, together with Albertus Magnus, were "two of the greatest scientists of the Middle Ages."[13]

All these interpretations harbor difficulties. The tradition deriving gunpowder from Berthold Schwarz is late, and in general now seems unlikely. Hime's dismissal of the saltpeter-containing recipes in *Liber Igneum* as too late to precede Bacon's gunpowder formulation is a precarious conclusion. For Partington provides evidence that saltpeter was known to the Arabs as early as 1225, when Bacon was only about ten years old.[14] Again, the manuscript *De Mirabilis Mundi*, usually attributed to Albertus Magnus, Bacon's teacher, contains a recipe for explosive powder that appears to have been condensed from recipe 13 in *Liber Igneum*, and is in places word for word identical with it.[15] In the places where condensation has occurred, the *Mirabilis Mundi* text is markedly less clear than that of *Liber Igneum*. Not all agree that the text was a genuine work of Albertus, but Partington found reasons for believing in its probable authenticity. He felt that if it was not by Albertus himself, then it was the work of a pupil. And since Albertus died only about four years before Bacon, the *De Mirabilis Mundi* text thus poses a serious challenge to Bacon's priority. Partington believed that if it was not an original work of Albertus or a pupil, it might have been copied by a pupil from a collection of Arab chemical recipes.

Again, Hime credits Bacon as being the first to describe clearly an effective process for refining potassium nitrate.[16] His view, however, as Partington points out, rests upon an arbitrary reconstruction of the cryptic Chapters IX and X in *De Secretis*, and is thus open to doubt. Partington makes a much stronger case for Ḥasan al-Rammāḥ, who died in 1294 or 1295 while still in his thirties.[17] Al-Rammāḥ not only describes this same purification process in adequate detail, but adds the use of wood ashes for precipitating calcium and magnesium salts out of the solution prior to the crystallization of the potassium

11. *Greek Fire*, p. 78.
12. *Ibid.*
13. *Ibid.*, p. 64.
14. *Ibid.*, pp. 32, 287-8.
15. Guttmann, *Manufacture*, pp. 9-10.
16. *Gunpowder*, pp. 16-28, especially pp. 25-8; and pp. 142-55.
17. *Greek Fire*, p. 201.

Hime's chief contribution to the history of gunpowder has been to support Roger Bacon's claim to the invention of the substance.[5] He considered the claim of *Liber Igneum*, but at length dismissed it for several reasons.[6] First, some of the recipes in the text could be dated from as late as 1300, or after Bacon's death sometime between 1284 and 1292, and certainly later than his writings on explosive powder, *De secretis*, *Epistolas fratris*, *Opus Magus*, and *Opus Tertium*. Second, Hime considered the powder recipes in *Liber Igneum* to be incapable of yielding a satisfactory explosive. (In this opinion, Guttmann concurs.)[7] Third, he believed that Bacon's writings contained the most satisfactory instructions of the period for refining potassium nitrate, the chief component of gunpowder. These were in code, which he claimed to have deciphered. And fourth, Hime believed that he had also solved the anagram in Bacon's *De Secretis* in which the gunpowder formula was given. Hime believed that Bacon's formula consisted of seven parts potassium nitrate, or saltpeter; five parts sulfur; and five parts charcoal. Two studies disputing Hime's conclusions are known to the authors, and will be briefly considered below.[8] For those who accept Hime's conclusions, and these appear to be in the majority, this Bacon-Hime 7:5:5 formula thus becomes the earliest published indication that an explosive powder had become known. Here as below, these numbers will denote the proportions of potassium nitrate, sulfur, and charcoal, in that order.

Partington's work, the most recent attempt to survey the whole subject, partly follows Hime's views. The claims of Berthold Schwarz are dismissed entirely.[9] *Liber Igneum* is considered, but Partington follows Hime in believing that its powders are not true explosives.[10] The *Liber Igneum* powders merely burn fast enough to cause gas pressures to build up inside the paper casing of the firecrackers described in recipes 13 and 33, the noise being produced by the rupture of the case. Hime had believed that the *Liber Igneum* firecracker cases were very strongly made, tightly bound with iron wire at the ends, and capable of containing a rather slow gas pressure buildup until finally the case gave way. The strength of the case was essential, in Hime's view, for it gave the very weak mixtures of *Liber Igneum* enough time to produce a pressure differential capable of yielding an audible shock wave, an explosion, which they could not do if burned in the open air or in an easily breached pressure vessel. By contrast Hime believed that Bacon's firecracker cases were thin and easily blown open, so that only the excellence of the powder mixture was responsible for the explosion noise in this instance.

5. *Gunpowder*, Ch. VIII.
6. *Ibid.*, pp. 57-89. See especially pp. 87-9.
7. *Manufacture*, 9.
8. See note 43 below.
9. *Greek Fire*, Ch. III, especially p. 96.
10. *Ibid.*, pp. 60-61. Compare Hime, *Gunpowder*, pp. 86-9.

In Defense of *LIBER IGNEUM*: Arab Alchemy, Roger Bacon, and the Introduction of Gunpowder into the West

VERNARD FOLEY* & KEITH PERRY**

THE EARLY HISTORY OF EXPLOSIVES has been illuminated by a series of works of deep scholarship. Those of Partington, Hime, and Guttmann appear to be of particular use in connection with the present topic.[1] But the effect of long-standing national traditions appears occasionally to persist in some of these volumes, to the detriment, it will be argued below, of a fully balanced approach to the subject.

German writers on the origin of gunpowder have tended to emphasize the role of Berthold Schwarz, a Dane, German, or Greek, whose conjectured dates range from the 13th to the 15th century.[2] Partington and Hime have rejected this tradition as legendary. The most balanced German origin account of the theme appears to be that of Guttmann, who makes Schwarz out to be the first to apply explosive powder to the firing of projectiles.[3] By this light others may have invented an explosive powder, but Schwarz was the first to see that it could be used in a gun. In the remainder of his historical analysis, Guttmann traces the origin of explosive powder back through Arab alchemy, most particularly through the manuscript known as *Liber Igneum*, or the "Book of Fires" of Mark the Greek.[4] In this work and in Roger Bacon's discussion of explosive powder recipes, the substances produced are used either in rockets or in firecrackers.

* Department of History, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907, U.S.A.

** Harris Corporation, Melbourne, Florida 32901, U.S.A.

1. J. R. Partington, *A History of Greek Fire and Gunpowder* (Cambridge: W. Heffer and Sons, 1960); Henry W. L. Hime, *Gunpowder and Ammunition, Their Origin and Progress* (London: Longmans, Green and Co., 1904); Oscar Guttmann, *The Manufacture of Explosives* (New York: MacMillan and Co., 1895), two volumes; and *Monumenta Pulveris Pyrii* (London: Artists Press, 1906), by the same. These works contain transcriptions of manuscripts otherwise difficult to obtain, and will be used for the Bacon and *Liber Igneum* citations below unless otherwise noted. It is frequently necessary to cite more than one of these sources, as merely partial transcriptions often occur. See also S. J. von Romocki, *Geschichte der Explosivstoffe* (Berlin: Robert Oppenheim, 1895), 2vols.; Tenney L. Davis, *The Chemistry of Powder and Explosives* (New York: John Wiley and Sons, 1943); and M. Berthelot, *La Chimie au Moyen Age* (Osnabrück: Otto Zeller, 1893), Volume 1.

2. Guttmann, *Manufacture*, pp. 11-17; Romocki, *Geschichte*, pp. 106-113.

3. Guttmann, *Manufacture*, pp. 16-17.

4. *Ibid.*, pp. 7-9, 17.

During the 16th century, despite the aforementioned Arabic edition of the *Canon* of Avicenna published in Rome in 1593, the Arabic language disappeared definitively from Western Europe as a vehicle of medical science. We have testimony to the fact that Arabic was kept alive in scientific circles among the Jews (Italy), Moriscos (Spain) and Christians (Italy and Spain fundamentally). It was in use round the middle of the century as a tool which could *still* be of utility. It was used, for example, by Bartolomeo Eustachi (c.1500-1510 to 1574), who studied in Rome and worked there in the *Sapienza* from 1548.[62] Vesalius himself[63] kept it for the *nomina* of the *Tabulae Anatomicae* (1538), and we have already noted the circumstances surrounding the work of the Spaniard Miguel Jeronimo Ledesma. But by now Arabic was no longer in use as a means of handing on information (we have no record of manuscripts being copied or regularly printed in this period), nor as a language for innovation in any of the branches of medical literature then current. The increasing oppression of the minorities which used Arabic as their language in Spain was of decisive importance in aborting any chance they may have had of offering a new way forward for 15th and 16th century medicine, based on the Arabic medical sources themselves, or using Arabic as a medium of expression. Michael Servetus (1509-53), as early as 1537, could not escape the anti-Arab sentiment pervading the Spanish community. Some of his statements in favour of the new Galenism almost took on the warlike aspect of a crusade against the Arabs, whose definitive subjugation in his homeland dated from just a few years before he was born.[64]

62. See note 11.

63. C. Singer and C. Rabin, *A Prelude to Modern Science; Being a Discussion of the History, Sources and Circumstances of the "Tabulae Anatomicae Sex" of Vesalius* (Cambridge Univ. P., 1946).

64. "Compelled by wonder of the thing itself, we are forced to profess that the birth and rebirth of Galen were granted as a kind of divine gift for the assistance of various mortal needs... In our happy age, he, once shamefully misunderstood is reborn and re-establishes himself to shine in his former lustre, so that like one returning home he has delivered the citadel which had been held by the forces of the Arabs, and he has cleansed those things which had been bespattered by the sordid corruptions of the barbarians". *Syruporum universa ratio, ad Galeni censuram diligenter expolita* (Paris,1537), in *Michael Servetus: A translation of his Geographical, Medical and Astrological Writings...* by C. D. O'Malley, (Philadelphia: Amer. Phil. Soc., 1953), p. 60 (O'Malley's trans.). Cf. Temkin, *op.cit.*, pp. 126-127.

ture in Spain: that it should have been forgotten by the members of the Muslim community itself, who lost touch with their own heritage. The result was that, for a combination of historical and sociological reasons, the sizeable minority which spoke Arabic in 16th century Spain could offer no new way forward from the Arabic medical sources for the medical science of the day. Nor could it use Arabic as a language for the creation or transmission of medical knowledge.

5) Arabic medical literature was sought out and collected by the Humanists, but with a very different point of view and purpose in mind. It is very clear that by the second half of the 16th century the medical treatise in Arabic had become for the Humanist scientist and aristocrat of the Christian persuasion a valuable object in itself; it was sought after and treasured because it was "old". They formed part of a historical process which could be clearly followed via the manuscripts. They contained all that was valuable in the past. Hence the very passion for collecting Arabic medical manuscripts on the part of the Humanists in this period of the 16th century, revealed the death-pangs of the Arabic medical tradition which no longer served any useful purpose for the Christian medical and scientific circles of the second half of the 16th century. The Arabic manuscript is locked away in the great libraries. It never finds its way into print, and hence has no circulation. Take the example of the formation during the 16th century of the nucleus of the Arabic medical collection in the great library of the Escorial,[58] founded by Philip II. The Humanist Paez de Castro, one of those who planned the great library, bequeathed to it in 1572 sixty-seven Arabic manuscripts of which forty-six were of a medical nature.[59] In 1576, 265 Arabic manuscripts found their way into the Escorial, and of these 179 were on medicine. They belonged to the library of the aristocrat Diego Hurtado de Mendoza, who confessed that he obtained most of them during his stay in Granada.[60] When around 1580 the Humanist Arias Montano gave his opinion on the Arabic manuscripts in the Escorial, of which the greater part (67%) were of a medical nature, he told King Philip II: "Your Majesty should keep a great number of manuscripts in the Arabic language, *although nowadays this is not used or understood among men of science*, because if the books of old had not been stored away in the libraries of Princes... they would not have surfaced again in our day, stimulating men of science to understand them".[61]

a propósito de un manuscrito del British Museum (Sloane, 2489)", *Asclepio* (Madrid), 23 (1971), 267.

58. *Cf.* B. Justel, *La Real Biblioteca de El Escorial y sus manuscritos árabes* (Madrid: Instituto Hispano-Arabe de Cultura, 1978), and the references there cited.

59. *Ibidem*, pp. 213-214.

60. *Ibidem*, pp. 151-152.

61. Reproduced by Justel, *op. cit.*, p. 154. (The italics are mine).

the *Qānūn* of ibn Sīnā, together with others of his works of a philosophical character, have been printed in Rome in 1593? Apart from this one piece of information, I have no supporting data which would enable me to answer the question with anything like the required exactness.

4) The possible fourth reason has already been considered from another standpoint: the fact that Arabic was never incorporated into the programme of the Medical Humanists in their effort to reconstruct Ancient Medicine, even though some of them looked upon the best in Arab medicine as part of their own heritage. Emphasis has been placed on the attempt of Medical Humanism to *break* with medieval medicine, but the real situation was more complex. There was also a current of opinion which sought to accept and *link up with* Arab medicine. The *Canon* of Avicenna formed part of this tradition, which the Humanists tried to take as their base, and at the same time improve on. Hence their efforts at fresh translations from Arabic to Latin. That is, the language of the Western universities took over, hand in hand with a Humanistic Galenism, which now looked more to Hippocrates and would have little to do with the Arab authors, not even when these had been directly translated from Arabic into Latin. The members of this generation of Spanish Humanist doctors from the second half of the 16th century were not only ignorant of Arabic, but even around 1570-90 had bitter conflicts with Morisco healers, who continued practising medicine not only among the descendants of the Muslim population, but even among the "Old Christians" themselves.[55] Apart from social reasons for the conflict with members of the increasingly depressed Morisco minority (expelled from Spain, let us recall, in 1609), there were also scientific reasons: the Morisco folk-healers – apart from a very few exceptions (e.g. the case of Alonso del Castillo which we have seen) – had lost touch with their own Arabic medical sources, and hence their art was of a completely empirical kind. Also, as the 16th century wore on, increasing difficulties were put in the way of those who wished to study in the Faculties of Medicine.[56] These Faculties did their teaching in Latin, and there were those like Alcalá and Valencia which between 1565 and 1575 dropped Avicenna from the syllabus.[57] This was one of the tragic features of the fate of Arabic medical litera-

(recension) of the *Elements* of Euclid ascribed to al-Ṭūsī was printed in Rome in 1594. The dates of these two last books have been taken from A. Demeersemann, "Une étape de la culture et de la psychologie islamiques: les données de la controverse autour du problème de l'Imprimerie". *Ibla* (Tunis), 17 (1954), 43. Demeersemann did not know that the Roman edition was of the spurious *Taḥrīr*. *Cf.* J. Murdoch, Euclid: Transmission of the Elements, in *Dictionary of Sci. Biogr.*, C. C. Gillispie, ed., (New York: C. Scribner's. vol. IV, 1971), pp. 440 and 453-54.

55. *Cf.* L. García Ballester, "The Minority of Morisco Physicians in the Spain of the 16th Century and their Conflicts in a Dominant Christian Society", *Sudhoffs Archiv*, 60 (1976), 209-234.

56. In the Parliament of Castile in 1607 it was demanded explicitly of the king that he forbid the entrance of the "moriscos" into the Faculties of Medicine in Granada and Castile. *Cf.* García Ballester, *Medicina, ciencia y minorías marginadas...*, p. 46.

57. *Cf.* note 12 and L. García Ballester, "Las obras médicas de Luis Collado (+ 1589). Nota

bition. From then on, with some let-up, there was an open campaign against Arabic manuscripts, which became material proof of participation in politico-religious subversion. It did not matter any more what the content of the manuscript actually amounted to. The result was a waning of the use of Arabic. The language withdrew, as it were, into the catacombs where it died of asphyxia.

2) Another reason was the sudden disappearance of the important Jewish minority which did not accept forced conversion to Christianity. They were expelled from Spain in 1492, but already in the 14th century – like the more numerous Muslim minority – they were being increasingly relegated to a secondary role in society. The Jewish minority – some of their number descended from Spaniards – kept Arabic alive during the first half of the 16th century in Italy (Venice, Rome) as the language in which medical lore was handed down.[52] Let us bear in mind the existence of testimonials to the copying and handing on, between 1379 and 1428, of nine works of Galen, three of Hippocrates, Books I and II of the *K. al-Qānūn*, the *Tacuinum sanitatis (K. Taqwīm al-ṣiḥḥa)* of Ibn Buṭlān, the *K. al-Ḥāwī (Continens)* of al-Rāzī, fragments of Paulus of Aegina, Yūḥannā ibn Māsawaih, Ibn Zuhr, etc. All of these were copied out and put together in Toledo and Guadalajara by members of the Jewish family of the Waqqār, and in particular Yahūdah ibn Abū *(sic)*' l-Ḥasan Salomon ibn Waqqār al-Isrā'īlī, active between 1379 and 1387, and Isḥāq ibn Hārūn, active around 1428.[53]

3) Another point is that Arabic manuscripts could not withstand the pressure of the printing press, which was flooding the market with the old Latin versions of the Arab authors, or new Latin translations of the Greek authors, and even Greek versions themselves (the *Opera Omnia* of Galen in 1525). Clearly the use of printing sets us squarely before the problem of bias in science, even in such an empirical branch of knowledge as medicine. We have already noted the increasing political controversy over the use of the Arabic tongue in 16th century Spanish society. In practice, medical sources in Arabic had no access to the printing press, and suffered the fate of the non-academic manuscript: either they circulated in semi-clandestine fashion, or they were regarded as testimony to a historical past and shut away in the great libraries which the Humanists founded. During the 16th century no medical or scientific work in Arabic was published in Spain, contrary to the Roman experience between 1591 and 1595, where the printing presses founded by Pope Pius IV (1559-65) were active in this respect.[54] But why should the thick volume of

52. See note 10.

53. Cf. H. Derenbourg and H. -P. -J. Renaud, *Les manuscrits arabes de l'Escurial*, Tome II-2, (Paris,1941), n. 870-1,2,4,; 873-5, 8,11. M. Steinschneider, *Arab. Lit. der Juden*, n. 124, pp. 156-166.

54. The medical work of Avicenna was the *K. al-Qânûn*... (Romae: In Typographie Medicea, 1593). In the same printing house the *K. Nuzha al-mushtāq* of al-Idrīsī was printed in 1591. The *Taḥrīr*

level.[46] As the century wore on, the double force of attraction and repression became more and more apparent.[47] The Morisco population of Aragon lost within two or three generations the Arab tongue which had held sway in the highest circles of learning, in theology, philosophy, medicine, and astronomy, as late as the last decade of the 15th century.[48] The strong concentrations of Morisco population in Granada and Valencia held on to the Arab language with some ups and downs.[49] The refusal of the Christian majority, entrenched in positions of power, to use Arabic emerges clearly from the example of Valencia, where approximately 25% of the population spoke Arabic. As early as 1528 a campaign was planned to eradicate Arabic.[50] But the first clear rejection of the language came from the Church in 1561. The junta of bishops decreed that the population of Muslim origin "is to be forbidden to read and write Arabic, and steps are to be taken to make them learn the language of the kingdom".[51] The civil authorities took on the task of enforcing the prohi-

Koran)" into Castilian, *Tratados de legislación musulmana* (Madrid: Real Academia de la Historia, 1853), pp. 7 and 248. *Cf.* A. Castro, *Sobre el nombre y el quién de los espanoles* (Madrid, 1973), p. 276.

46. In 1539, the Belgian humanist, Clénard, tried to consult a recently converted "morisco" physician, in Seville, on his doubts about Arabic grammar. The latter refused to help, claiming "that he was a true Christian; that he had no desire to manifest his ancient beliefs in any way; that he wished to avoid punishment in the case of his beginning to give me lessons...; that he was a recent convert;... and that he did not wish to prejudice the high opinion that the people held of him". A. Roersch (ed.), *Correspondance...*, I. pp. 151-152,34-49.

47. This dialectic–in contexts which are naturally different–can be detected also in the Christian minority which lived in Spanish territory dominated by Muslims in the 9th to the 10th centuries; the young Christians learned the Arabic language and forgot their Latin. Even the bishops wrote in Arabic (e.g. Recemundo de Cordoba) up to the point where the writings of St. Isidore were translated into Arabic. *Cf.* M. Díaz y Díaz, *De Isidoro al siglo XI* (Barcelona: El Albir, 1976), p. 169ff. In this context, the famous lament of the Christian Alvaro de Cordoba (9th century) is very significant: "Nonne homnes iubenes Christiani uultu decori, lingue disserti, habitu gestuque conspicui, gentilici a eruditjoni precari, Harabico eloquio sublimati uolumina Caldeorum hauidissime tractant, intentissime legunt, ardentissime disserunt et ingenti studio congregantes lata constrinctaque lingua laudando diuulgant, eclesiasticam pulcritudinem ignorantes et eclesiae flumina de paradiso manantja quasi uilissima contemnentes? Heu pro dolor, legem suam nesciunt Christiani et linguam propiam non aduertunt Latini,.." *Indiculus luminosus*, in *Corpus Scriptorum Muzarabicorum*, ed. by I. Gil (Madrid: C.S.I.C., 1973), vol. I, pp. 314, 46-54.

48. J. Ribera, *Disertaciones y opusculos*, vol. I, (Madrid, 1928).

49. At this moment, Ana Labarta of the Autonomous University of Barcelona is studying the notes and brief Arabic manuscripts of the "moriscos" under trial, which were seized by the Inquisition. These notes and manuscripts were incorporated into the trial records.

50. Towards the year 1500–scarcely eight years after the conquest of Granada, when the Spanish monarchs gave their word that they would respect the laws, customs, religion, and language of the Moslems–advice was given to the inhabitants of the Albaicín (a district of Granada) to the effect that "so that your conversation may not cause scandal amongst the Christians, and that they may not consider that you mantain the devotion to Mahoma in your hearts, it is necessary that... you forget as much as is possible the Arabic language..., and that you should never speak it in your homes". Archivo General, Simancas. *Diversos de Castilla*, leg. 8, f. 114.

51. Archivo Histórico Nacional, Madrid. *Inquisicion*, lib. 911. Cf. R. García Carcel, *Herejia y sociedad en el siglo XVI. La Inquisición en Valencia*: 1530-1609 (Barcelona: Peninsula, 1979).

ṭibb w'al-ḥikma written by Abū al-Ḥasan ᶜIsā ibn al-Ḥakīm, better known as Masīḥ al-Dimishqī, a doctor of the famous Caliph Hārūn al-Rashīd.

The work of Masīḥ has not been studied to date, and is still in manuscript. We know, however, that it was used and frequently quoted from by al-Rāzī.[41]

The language used by Alonso del Castillo is a classical type of Arabic, and this would lead us to suppose that Arabic medical manuscripts must have circulated freely and been used for the study of medicine, at least among the New Christians (or Moriscos). One cannot, of course, rule out the possibility that these were merely exercises designed to keep alive literary Arabic, which had practically fallen out of use by this date (1560-80) among the Moriscos of Granada.[42]

3. *Factors Which Impeded or Slowed Down the Circulation of Arabic Medical Manuscripts*

It would be interesting to tackle the problem of what caused the slowing down and interruption of the circulation of Arabic medical manuscripts in 16th century Spain. The traffic had come practically to a complete standstill by the last two decades of the century. We can list the following reasons:

1) The Christian majority, by its weight, deliberately stifled every aspect of the culture of the Morisco minority which set the latter apart. At the same time, it deprived the Moriscos of access to the organs of power – the church, the government, the university. It was during the 16th century that Church and State mounted a campaign designed to eradicate the last signs of identity of the old Muslim population. This campaign culminated in their expulsion from every part of Spain in 1609. Clearly language is one of the elements which most enhances the separateness of any community with a different culture. In this case it was the Arab language which was involved. One must not forget that we are schematizing a process whose structure and time-dimension are complex.[43] The language of the ruling majority held an obvious attraction, and it was used as a tool to stifle the Arab tongue.[44]

By the first third of the 16th century the Muslim minorities of Castile had already forgotten Arabic.[45] It was kept alive in Seville, but only on a secondary

41. M. Ullmann, *Op. cit.*, p. 112.

42. This last possibility was suggested to me by D. Cabanelas.

43. There is abundant literature on this subject. From the standpoint of general history, the most recent and most complete study is by A. Domínguez Ortíz and B. Vincent. For the medical and scientific points of view, see García Ballester, *Medicina, ciencia...* (Granada, 1976).

44. Let us keep in mind that language is a basic factor in the affirmation of social identity. Hernando de Talavera, the first bishop of Granada, tried to found a Christian community using the Arabic language. His programme was a failure. During the 16th century, the ruling Christian majority sacrificed liberty and openmindedness for uniformity (religious, political, cultural, and linguistic).

45. A Castilian Muslim in the 15th century says of his people: "the Castilian Moors, after great subjection and hardship, many feudal dues, fatigue and hard work, have fallen from their position of wealth and have lost the Arabic schools" and therefore they had to translate "our Holy Law (the

But we have to note that the Arabic manuscripts were just "still being used" – they did not reflect creative new work, nor did the 16th century Spanish doctors who spoke Arabic use this language to set down their clinical experience.

We get a late echo in 1574 of the usefulness which the Arabic medical manuscripts extant in Spain could still have in the words addressed by the Prior of the Escorial monastery to Gracian, minister of Philip II. Writing in connection with the cataloguing of Arabic manuscripts in the great library, he commented on the work of the Morisco doctor Alonso del Castillo: "Enclosed is a list of books. At the end there are 15 books in Arabic which have been identified by the Morisco doctor who works here. This doctor tells me that some of them are worth a lot of money, for they would be very useful in training good doctors. . . And indeed this same doctor has some fine cures to his credit in these parts."[35] There is a clear relationship in the eyes of the Prior between the therapeutic triumphs of the Morisco doctor and the latter's access to the Arabic medical manuscripts.

The figure of Alonso del Castillo (c.1520-c.1607) is a very interesting one.[36] We have dealt with him in detail elsewhere.[37] But he has a special interest for the problem under discussion. He belonged to the first generations born in Granada after the Conquest. He was the son of a convert, and probably studied medicine in the Faculty of Medicine of Granada which had been founded in 1531. Throughout his life, he kept up a direct contact with the purest Arabic medical tradition, via the Arabic language and the use of classical medical texts in this language.

We have a manuscript diary belonging to him, written in Arabic in the Maghrebi script.[38] In this same manuscript, which he composed in Arabic, there exists a little treatise on physiognomy clearing up some terminology, a few scattered observations on the astrolabe and other instruments and the signs of the zodiac, while the names of the lunar months also make an appearance in Castilian. Alonso del Castillo remained faithful to the late medieval tradition of an astrology-based medical lore, which enjoyed a continued popularity throughout the 16th century. Aside from a few brief opinions of an aphoristic kind regarding doctors and medicine generally,[39] the most interesting things which he has to say of a medical nature come in the brief treatise on physiognomy. Alonso del Castillo gave it the heading: "A chapter from the writings of Masīḥ ibn Ḥakīm concerning matters of physiognomy *(al-firāsa)*".[40] What we have is probably part of the *Risāla al-Kāfiya fī ʿilm al-*

35. This document has been reproduced by N. Morata, "Un catálogo de los fondos árabes primitivos de El Escorial", *Al-Andalus*, 2 (1934), 95-96.

36. D. Cabanelas, *El morisco granadino Alonso del Castillo* (Granada, 1965).

37. See García Ballester, *Medicina, ciencia y minorías marginadas: los moriscos* (Granada, 1976).

38. Biblioteca Nacional, Madrid, Ms. n. 7.453.

39. *Ibidem*, ff. 28r-27v.

40. *Ibidem*, ff. 218r-217v.

About the same date, he made a detailed comparison of the Greek and Arabic texts of Galen's commentaries on the *Aphorisms* of Hippocrates. The outcome of this labour was a plan for a comparative study of the Arabic translation of this Galenic text *(Tafsīr Jālīnūs li-Fuṣūl Buqrāṭ)* which he attributes to "Hubaisch" (Ḥubaish al-Aᶜsam, the nephew of Ḥunain) with the Greek collections of the same commentaries.[31] "For I am not unaware that there are no sciences properly so-called which the Arabs have not translated. *And translated in such a way that I believe they can help us reconstruct passages from works of Greek literature which have been tampered with*".[32] The fundamental reason was the very age of the Arabic manuscripts and their closeness to the original.[33] Unfortunately Clénard was not to carry through his plan. Nor was his scheme put into effect that we know of. And anyway Clénard's interest in Greek or Arabic medicine was not shared by professional medical interests.

The least we can do is to underline the sagacity of Clénard and the interest of his plan, if we think of what Ullmann has to say: "Galen's works are handed down chiefly in late manuscripts of the 15th century. In addition, the somewhat older Greco-Latin translations of Burgundio of Pisa (d.1193), Nicolas of Regium (1280-1350) and Peter of Abano (before 1303) are also significant: they have preserved for us some works of which the originals are lost. In view of this unfavourable state of the transmission, the Arabic versions are of the greatest importance: produced in the 9th century, they are based on Syriac or Greek manuscripts, which are at least six to seven centuries older than those preserved for us. As a result, considerable possibilities arise for the emending and editing of the Greek texts. But most important of all, numerous writings that were lost in the Greek remained preserved in Arabic dress".[34]

2. *The Arabic Medical Manuscript as a Source of Medical Knowledge*

The content of the Arabic medical manuscripts of 16th century Spain was held in high esteem until well into the century. At the same time, direct recourse was had to the manuscript Arabic medical sources for actual medical practice until the last third of the 16th century. The use of the Arabic medical manuscript as something more than a mere historical relic, as a living source of medical lore, characterized the non-academic world of the Morisco minority.

31. "Certe Hubaisch qui Galenum uertit, adeo mihi arrisit et satisfecit ut nihil magis cupiam quam, omnibus omissis, illum conferre cum Galeno". *Ibidem*, I, pp. 117,49-51.

32. "Nam ne ignores, ferme nihil est seriarum disciplinarum quod non traduxerint Arabes, et ita traduxerint, ut putem eorum praesidio multa posse in mutilis Graecorum monumentis restitui". *Ibidem*, I, p. 117, 46-49 (the italics are mine).

33. With respect to the age of the Arabic manuscripts, see the text from Clénard as reproduced in note 30.

34. M. Ullmann, *Die Medizin im Islam*, pp. 37-38; *id. Islamic Medicine* (Edinburgh: Univ. P., 1978), pp. 31-32.

an important number of non-medical scientists and aristocrats, who were to play an important role in the more mature humanist movement of the second half of the 16th century, knew Arabic, but the use which they were to make of the Arabic medical manuscripts was of a different kind, as we shall later point out.

3. The third topic arising from the complex relationship of Medical Humanism and Arabic Medical manuscripts in Spain, concerns the potential which these afforded for the recovery of the Greek medical sources themselves. For some Humanists, like Clénard, who knew both Greek and Arabic, became aware of two facts: the greater antiquity of the Arabic manuscripts, and their clear fidelity to the Greek original . Hence it would be possible – and immensely useful – to use them to reconstruct lost works of Hippocrates and Galen, or to round out passages which had been obscured in the handing down of the Greek manuscripts.

Clénard, a pupil of the famous Trilingual College of Louvain and a disciple of Erasmus, came to Spain about 1530 to learn Arabic.[29] Steeped in the Christian Humanism of the disciples of Erasmus, he carried out a comparison of the Greek manuscripts used by Erasmus in specific passages of the Gospels, and the same passages as they had come down in Arabic manuscripts probably from the 7th century. Erasmus' reading of the Gospel fragments, achieved at such cost from the Greek manuscripts alone, could have been done much more easily from the Arabic manuscripts had he been aware of their existence. This was what Clénard told Rutger Rescius – the famous Humanist and printer of Louvain – in 1536 in Evora in the south of Portugal.[30]

Arias Montano, etc.), who used it to understand the Arabic scientific texts. The absence or relative scarcity of the teaching of the Arabic language in the Spanish university in the 16th century led to a situation where Arabic "is not used nor understood among the scientists" around 1580 (see note 61). The second variety was the colloquial. Arabic was picked up without any grammatical foundation or understanding of the language, since Arabic schools were forbidden. This level ruled out access to written Arabic sources.

29. See V. Chauvin and A. Roersch, *Etude sur la vie et les travaux de Nicolas Clénard* (Bruxelles: Hayez, 1900), p. 23. See also Clénard's letter to Hernando Colon in A. Roersch, *L'Humanisme belge à l'époque de la Renaissance. Etudes et portraits. 2e série* (Louvain: Lib. Univ., 1933), pp. 101, 145. *Cf.* M.Bataillon, *Erasmo y Espana*, 2nd Spanish edition revised and enlarged, (México: F.C.E., 1966), p.414 *passim*. Erasmus himself recognises the great influence of the Arabs in Spain: "Siquidem in Hispania Sarracenici imperii manifesta vestigia licet hodieque cernere, quorum tyrannidem passa est ea regio", P. S. Allen and H. M. Allen, eds., *Opus epistolarum Des. Erasmi Roterodami*, 12 vols. (Oxford: Clarendon P., 1906-1958), IV, *Ep.* 1001,79-80.

30. "Nunc conuolo ad Euangelia Arabica, de quibus aliquid tibi narrare libet. Nactus sum codicem descriptum, et versum ab hinc annis sexcentis. Habeo et aliud exemplar ex eadem translatione descriptum. Reperio pleraque omnia sic se habere, ut hodie legimus in Graecorum codicibus, quos sequutus est Erasmus. Illud Ioann. ult.: "Si eum uolo manere", et illud in Luca: "In terra pax, hominibus bona voluntas", et reliquia quae Erasmus restituit, omnia sic habent Arabes". A. Roersch (ed.), *Correspondance...*, I, pp. 90,68-75.

finished correcting the first chapters when he died suddenly. His unfinished work was published by his medical colleagues of the University of Valencia, Luis Collado and Pedro Jaime Esteve.[25] Why was his work not carried on? Setting aside the possible reasons of a social order which will be dealt with later, there were factors of an epistemological kind which were giving Galenic humanism a new orientation. The most interesting medical humanists in Valencia, and men who captured the leadership of the academic world, were, among others, his old colleagues Collado and Esteve. Both belonged to the humanist movement in Spanish medical circles which was moving towards a "Galenism based on Hippocrates" which would have nothing to do with even a purified Avicenna. This Galenism, with its undisguised humanist roots, did not question the authority of Galen in pathology, but its distinguishing feature was the reading of Galen from the viewpoint of the Hippocratic *corpus*, where direct clinical observation predominated (the *Epidemics)*. Hence their commentaries on the Greek classics were based on a wide and profound clinical experience of their own. To this interesting variety of Galenic humanism belonged the most mature work of the professor of Alcalá, Francisco Valles (1524-1592), and of Luis Collado (d. 1589) and Pedro Jaime Esteve (*fl.*1551) themselves. This current flourished in Spain between 1560 and 1580.[26] From this point of view the *Canon* of Avicenna was scarcely capable of arousing much interest, even after sifting with the new methods of medical humanism.

It was no accident that Valencia witnessed the first attempts to translate the *Canon* using Arabic manuscripts. Together with Granada, as we shall see later, it was the region of Spain where the use of Arabic was still kept alive, not only among the population of Muslim origin (the Moriscos)[27] but also among the members of the mercantile and academic bourgeoisie.[28] Equally

25. Luis Collado relates these details in a reader's note dated the 23rd March, 1548. *Ibidem*, f.117, and P. J. Esteve in an epigram in Greek at the end of the work, *Ibidem*, f.118.

26. Cf. J. M. López Piñero and F. Bujosa, *Op. cit.*, pp. 362-363. There is as yet no single adequate study of this process. Luis Collado and Pedro J. Esteve belonged to the anatomical school of Valencia directly influenced by Vesalio. *Cf.* J. López Piñero, "La disección y el saber anatómico en la España de la primera mitad del siglo XVI", *Cuadernos de Historia de la Medicina Espanola* (Salamanca) 13, (1974) 71. P. J. Esteve had a good knowledge of Arabic. *Cf.* A. H. Morejón, *op. cit.*, II, p. 365.

27. We term "Moriscos" those New Christians who were the result of the massive conversion of the Muslim population in the first years of the 16th century; after their conquest by the Christians this population had stayed in the lands of the Spanish Kings. By contrast, those Christians who had always been such, without any conversion either from the Islamic or from the Jewish faith, were called "Old Christians"

28. Living side by side with the "moriscos" (in a lord-serf, master-servant, business relationship, etc.) some bourgeois gentlemen were prompted to learn Arabic of a colloquial kind. In a trial before the last third of the 16th century, the wife of Miguel Juan Pascual, professor in the Faculty of Medicine of Valencia, declared that she spoke to the "moriscos" in Valencia in Arabic, a language which "she understood" (Archivo Histórico Nacional. Madrid. *Inquisición de Valencia*, leg. 840).

There were, therefore, two levels of knowledge of the Arabic language current among the "Old Christians": the first was the academic variety characteristic of the humanist scientist (e.g. Clénard,

The high standing of Avicenna was due, in fact, to his mastery of Galen. The last sentence of the eulogy just quoted is a clear reference to the famous work of Galen *Quod optimus medicus sit quoque philosophus* (the *K. fī anna l-ṭabīb al-fāḍil faylasūf* of the Arabs).[18]

Ledesma rejected the Latin translation made by Gerard of Cremona in Toledo, which he called "a barbarous translation".[19] Instead, he used the Latin version of Andrea Alpago, which was based directly on the Arabic, while criticizing Alpago's preference for late medieval authors like Gentile da Foligno when it came to the rendering of specific passages.[20] The Scholastic medicine of medieval Christendom still left a great deal to be desired.

Applying the method used by the humanist doctors in their editions of the ancients, Ledesma confronted all Avicenna's quotations from Greek authors with the original Greek: "Every single passage of Avicenna will either be confirmed by reference to the text of Galen from which it was taken, or else, where there is a discrepancy, restored to the original."[21] These differences between the Arabic and Greek quotations from the Greek classic were attributed by Ledesma to defects in the texts used by Avicenna.[22]

His starting-point was "an ancient manuscript of Avicenna" in Arabic, belonging to himself, whose content was rather different from the published version.[23] His experience here was similar to that of Clénard a few years before in Salamanca, as we have seen. In any case it was with this Arabic manuscript that he did his work, with the help of a direct translation made by Alpago a few years before. Alpago himself did not escape his criticism. The work was done in close collaboration with "a colleague who was as expert in the Arabic language as he was in medicine".[24]

Unfortunately, Ledesma could not complete his work. He had barely

enim inter eos sic Medicinae partes omnes complexus est,... Nullus sic medicamentorum rationem, copiam, tempora, varietatem tradidit, vt nusquam fere locus postmodum scripturis relictus sit. Nullus sic praesagia, causas, iudicia, et medendi artem elucubrauit, vt nullibi morbus inueniatur vllus, qui medici vel oculos vel manus illius documentis instructas queat subterfugere... Auicenna vero erudite admodum, et singulari ordine vsus, et Galeni se usquequaque faciens interpretem: omnes Medici optimi numeros absoluere conatur". *Ibidem*, f. 2-2v. (the italics are mine).

18. Cf. M. Ullmann, *Die Medizin im Islam* (Leiden, Brill, 1970), p. 38.

19. M. J. Ledesma, *Op.cit.*, f. 2v.

20. "Item Andreas Bellunensis novus interpres, atque is aliquando Gentilis, aut Nicoli, aut alterius cuiuspiam sententiam verius sequitur, quam veritatem". *Ibidem*, ff. 2v-3. Alpago (d.1520) translated the *Canon* from old Arabic manuscripts taken from Damascus, where there was a Venetian consulate. Cf. M.-Th. d'Alverny, "Avicenne et les médecins de Venise", in *Medioevo e Renascimento. Studi in onore di Bruno Nardi* (Firenze, 1955), I,118; M. Ullmann, *Op.cit.*, p. 154.

21. "Illud tamen non tacebo, nullum esse Auicennae locum, quem uel Galeni dicto, ex quo desumptus est, non confirmemus, vel eiusdem sententia, cum ab illo dissentit, antiquemus". J. M. Ledesma. *Op. cit.*, f. 2v.

22. *Ibidem.*

23. "uetustissimus noster codex Auicennicus manu scriptus... longe a uulgato dissidens". *Ibidem.*

24. "adde consultum fuisse socium Arabicae linguae non minus quam rei medicae peritum". *Ibidem*, f. 3.

and that this *Corpus* is very far from being a systematic and ordered exposé of Galenic medicine. The Greek edition of Galen's *Opera Omnia* was printed in 1525. All of this was perfectly well known to the medical humanists. For example, Luis Collado, a Spanish disciple of Vesalius, had no hesitation in stating in 1546:

> Avicenna, known until today as the interpreter of Galen, has succeeded in making of Galen an easily understood author.[15]

And Miguel Jeronimo Ledesma, educated in the Trilingual College of Alcalá, one of the most lively centres of Spanish medical humanism, makes Avicenna say to Galen in a piece of historical fiction:

> Having found that your writings were very dispersed, I have compiled them all, oh Galen, into a brief methodology... Thus at least, inasmuch as I resemble you, shall I be esteemed by learned men.[16]

So it is that when men tried to reconstitute true medical science, the writings of the doctors of antiquity, they thought too of Avicenna and his *Canon*. It is the most useful work which the doctor had at hand. And that was perfectly compatible with the rejection of Arabized Galenism, which for these young doctors – Ledesma and Collado were not much more than twenty years old – was no more than an outdated form of sterile scholasticism. As I have said earlier, medical humanism and the possibility it brought with it of direct contact with the sources of medical knowledge, marked a new frontier, which now included the *Canon* as well.

It was this which prompted Ledesma to undertake the task of translating the *Canon* directly from Arabic into Latin. The translation, with its accompanying commentary, was dedicated to Tomas de Villanueva, archbishop of Valencia, a man who belonged to the Reform movement which captivated the keenest minds in early 16th century Europe. In it he made this statement:

> You are well aware, Very Reverend Prelate, of the fame of the name of Avicenna in days of old, whose collections and technique earned for him the title of Prince of Arab Doctors. For none of the latter treated every branch of medicine so completely as he...
> And none of them could define a particular medicine so clearly, or deal with so many and with their application, such that there was hardly anything more to be said on the subject. No one analyzed with greater skill the art of prognosis, etiology, diagnosis, cure – such that there is hardly an illness unknown to any doctor brought up on his doctrine. Avicenna is exhaustive, extremely systematic, and *stays very close to Galen* – in short, he possesses all the requisites of the good doctor.[17]

15. "Avicenna, Galeni interpres hactenus dictus, Galenum facundissimum enarratorem sit adeptus". In a reader's note to the work of M. J. Ledesma, *Prima primi Canonis Avicenne sectio...* (Valentiae: Joan. Mey, 1547 (i.e. 1548)), f. 117v. *Cf. A Catalogue of Sixteenth Century Printed Books in the National Library of Medicine*. Comp. by R. J. Durling, (Bethesda, 1976), n. 393.

16. "Cum tua vidissem fuse monumenta vagari, /Collegi in methodum cuncta Galene brevem./.../ Sic tamen a doctis, similis tibi factus, amabor:/. M. J. Ledesma, *Prima primi Canonis...*, f. 1v.

17. "Non est nescius Reuerendissime Praesul, Auicennae nomen olim adeo fuisse celebre, ut tum propter compendia, tum propter methodum, medicorum Arabum princeps meritus sit appellari. Nullus

ized Galenism. Their main concern was to expel Avicenna and the Arab authors from the Faculties of Medicine. The *Canon* – with its whole sequel of scholastic commentaries – became the symbol of backwardness and of attachment to an outdated tradition.[12]

2. The second big topic relating to Arabic medical manuscripts in Spain is the whole movement of Medical Humanism itself. Avicenna, whose rejection formed the subject of our previous section, was identified with Arabized Galenism, which had already sufficiently demonstrated its sterility. But there was another possibility at this point in history: the grouping under the umbrella of the classical medical school of not only Hipocrates and Galen, but of Avicenna as well, especially the *Canon*, just as the medical humanists included the Byzantine compilers like Paulus of Aegina, for example, and even such late authors as Joannes Actuarius.[13] One could apply to the *Canon* itself, with a view to understanding it more fully, the burgeoning science of philology, both Arabic and Greek. From a strictly historical and medical (i.e. clinical and therapeutic) point of view, that is, taking as our standpoint the most lively academic medicine of the first half of the 16th century, we cannot forget what the *Canon* signified at that juncture. It is well-known that Avicenna, in his *Canon*, brought the systematization of Greek medical science to its maturity, adapting theory to practice with great skill, and at the same time putting forward a mature, definitive vocabulary of medical terms. This was a big improvement over the hesitations and contradictions of the other Arab authors (ibn Māsawaih, ʿAlī ibn al-ʿAbbās al-Majūsī, and Isḥāq al-Isrā'ilī) who had been very popular during the Middle Ages and the 16th century through their Latin versions of the *Corpus Constantinum*. Seen from the standpoint of the *Canon*, the whole rich *corpus* used by medical writers of the Later Middle Ages and the 16th century takes on meaning and form. At the same time, an attentive reading and study of the *Canon* allowed fruitful access to the immense jungle of Galenic writings, which were abundantly at hand for the medical humanist of the second half of the 15th and first half of the 16th centuries. One should not forget that in 1524 the medical humanists had translated into Latin a quarter of the *Corpus Galenianum*[14]

12. We can follow the course of this problem in Spain very well in the history of the Faculty of Medicine of Alcalá: in 1538 the teachings of Avicenna were questioned openly, and in 1565 the teachings and commentary of Avicenna were abolished completely. Cf. V. de la Fuente, *Historia de las Universidades, Colegios y demás establecimientos de ensenanza en Espana*. 4 vols. (Madrid, 1884-1889); II, c. 40; L. Alonso Muñoyerro, *La Facultad de Medicina en la Universidad de Alcalá de Henares* (Madrid: C.S.I.C., 1945).

13. The friend of Erasmus, Wilhelm Kopp (Copus) published, in 1510, the version of the Epitome by Pablo de Egina. Ambrogio Leone, who was also a friend of Erasmus, "was to publish in 1519 a translation of the Byzantine physician Joannes Actuarius' *De urinis*". *Cf.* R. Durling, "Linacre and Medical Humanism", pp. 81,103.

14. R. Durling, *Ibidem*, p.77.

could read the Arabic sources in the original. This was true, for example, of the Jewish-convert doctors, Alvaro de Castro (fl.1526) and his contemporary Diego Sobrino.[9] The former had a good knowledge of Greek, Hebrew, and Arabic, and the latter of only Hebrew and Arabic. Both lived in Toledo in the first third of the 16th century. Their medical writing is still in manuscript. It was written in Latin (Alvaro de Castro) and in Castilian (Diego Gómez de Castro), and the medical authorities on whom they rely are specifically: Yuḥannā ibn Māsawaih, al-Rāzī, Isḥāq al-Isrā'īlī, Ibn Sīnā, etc. Diego Gómez de Castro even gave his work in Castilian the title *La concluitiva*, a literal translation of the title of the main work of ibn Rushd, the *K. al-Kulliyyāt*. The work of these writers of Toledo stands out as a final offshoot of the brilliant medical tradition cultivated among the Jewish community of Toledo. One should not forget that in the Jewish communities of Venice and Rome Arabic was used as a living language for the transmission of medical lore during the first half of the 16th century,[10] and that during this period Arabic still kept its rank as a scientific language among the Italian medical school itself.[11]

To return to Spain, the doctors of Salamanca – who knew little or no Arabic – and those of Toledo – who knew a great deal – were steeped in an "Arabized Galenism" faithful to a medieval tradition which plainly had no historical future. But that is another question. They were set apart by a whole world of concepts and methodology from those who have been called "medical humanists", the world to which Nicolas Clénard belonged. As it happened, humanistic Galenism offered itself as a new possibility in the blind alley where medical pathology found itself in the Spanish universities towards the end of the first third of the 16th century. The medical humanists were Galenists, inbred with a Galenism formed by direct contact with the writings of the Hippocratic school and of Galen. They were the most bitter enemies of Arab-

9. J. M. Millás Vallicrosa, "La obra médica de la familia toledana de los Castro", in *Estudios sobre historia de la ciencia espanola* (Barcelona: C. S. I. C., 1949), pp. 443-454; A. Hernández Morejón, *Historia bibliográfica de la medicina espanola*. Vol. II, (Madrid: 1843), pp. 214-216. (Repr. by Johnson Corp., New York, 1967). J. Gómez-Menor, "Los manuscritos médicos de los maestros toledanos Alvaro de Castro y Diego Sobrino", *Cuadernos de Historia de la Medicina Espanola* (Salamanca), 13 (1974), 15-50.

10. Clénard, when he discusses the Jewish doctors in Venice says: "Medicos quosdam inter Iudaeos uersari, qui lectitarent Auicennam natiua lingua". A. Roersch (ed.) *Op.cit.*, I, p.208, 70-71. The Spanish Jew Jacob Mantino (c. 1490-1550), born in Tarragona (Spain), translated into Latin from the Hebrew and Arabic languages various works, when in Italy. He began a direct translation of the *Canon* by Avicenna from Arabic into Latin. His death interrupted this work. *Cf.* J. M. López Piñero and F. Bujosa, "Tradición y renovación de los saberes médicos en la España del siglo XVI", *Medicina Espanola* (Valencia), 77 (1978), 355-366; M. Steinschneider, *Die arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen* (Graz: Ak. Dr. , 1960); A. Hernández Morejón, *Op.cit.*, I, p. 98.

11. Bartolomeo Eustachi (c.1500-1510 to 1574), who lived in Rome, understood the Arabic language well, and it is said that he made his own translations of Avicenna. *Cf.* C. D. O'Malley, in *Dictionary of Scientific Biography*, C. C. Gillispie (ed.), IV, p. 486.

But they know no more of the (Arabic) grammar than do the sailors of Zeeland, or a coach driver. . ."[6]

An adequate understanding of the classical Arab medical writers could not come from the Latin translations then current. All of the latter derived from the *Corpus* of Constantine or the Toledo School (Gerard of Cremona, Mark of Toledo, and the like), which were riddled with mistakes and absurdities. Justifying his reasons for learning Arabic in Fez (Morocco), Clénard had this to say: "The teaching of the Greek and Hebrew tongues is current in the Christian world. I would like to add Arabic to the list. We use Avicenna, Averroes, and many other such, who were not rendered into Latin as faithfully as they should have been. Knowing Arabic properly, we could understand these writers all the better".[7]

The consultation of these Arabic sources in the original led not only to a better understanding of the content, but also to a greater precision and enrichment of medical knowledge itself.

"Last February", wrote Clénard on 8 July 1537, "I met a doctor who belonged to the school of Galen, proficient in Greek and Latin, who was ready to set off for Coimbra to give classes on Avicenna there. Following my advice he started to learn Arabic. . . He had barely had 30 hours of instruction from me, from a commentary of Book III of Avicenna's *Canon*, and we had just reached a certain stage in the anatomy of the brain, when he candidly admitted to me that in this short session with Arabic, he had learned more than in six months of contact with Greek".[8]

Spain's "Arabized Galenism" involved little more than a scholastic commentary on Avicenna's *Canon* in its medieval Latin version. This text is often incomprehensible, compared with its Arabic original. These Galenists were incapable of reformulating their view of Avicenna from a direct contact with Avicenna himself.

Alongside these doctors of medicine, who belonged to the school of "Arabized Galenism", there were also those with a good knowledge of Arabic who

6. "Quod hactenus nemo extiterit (in Salamanca), qui linguam Arabicam sic teneret, ut eam docere posset. Siquidem non desunt medici, qui Avicennam, et alios Arabes lectitent: verum de Grammatica nihil norunt, non magis quam nautae Zelandici, aut nostri aurigae Campinienses". A. Roersch (ed.), *Correspondance de Nicolas Clénard*. 3 vols., (Bruxelles, 1940-41), I, pp. 116-117, 29-33.

7. "Est, inquio, apud Christianos solemne docere Graecas et Hebraeas literas, uolo adicere Arabicas: nam est apud nos Auicenna, est Auerroes, et multi item auctores, non satis fideliter uersi in Latinum. Quod si calleremus linguam Arabicam, rectius istos auctores perciperemus". *Ibidem*, I, pp. 185, 100-104.

8. "Februario superiore, medicus quidam Galeni sectator, Graece Latineque doctus, cum putaretur iturus Conimbricam, et enarraturus Auicennam, meo suasu coepit Arabicari... enarraui... III. libri Canonis. Est iam aliquo usque progressi eramus in Anatomia cerebri, uixdum triginta horas illi dederam, cum ingenue fateretur, se plus tantillo tempore nactum esse iudicii in Arabicis, quam olim in Graecis sex solidis mensibus". *Ibidem*. I, pp. 117, 34-42.

tury with the appearance and increasing sway of the so-called "medical humanist" movement.[4]

The circulation and use of medical manuscripts in Arabic in 16th century Spain reflected forces which were partly the same as and partly very different from those operating in earlier centuries.

This paper falls into three parts: (1) Arabic medical literature and medical humanism, (2) Arab medical manuscripts as a source of medical knowledge, (3) factors which impeded or slowed down the circulation of these manuscripts.

1. *Arabic Medical Literature and Medical Humanism*

Within the overall movement of medical humanism[5] in 16th century Spain, three broad topics stand out in connection with medical manuscripts in Arabic:

1. The direct access which the Arab tongue gave to the manuscripts circulating in early 16th century Spain and Portugal, which constituted the repository of the writings of the classical Arab medical school. These writings still constituted the core of medical pathology as it was practised and taught in the Faculties of Medicine. Arabized Galenism dominated the Medical Faculties in Spain during the first third of the 16th century, and it might have been expected that these doctors would profit from the study of Arabic as a way of understanding better the Arab writers, particularly Avicenna. In 1537 Clénard was to write from Salamanca: "To date I have not been able to find a single person who knows Arabic well enough to teach through it. No doubt there are enough doctors able to read Avicenna and the other Arab doctors,

4. For the whole of this process in the Spanish world, see García Ballester, *Historia social de la medicina...*, pp. 59-97. With respect to the ideological factors of change in European Latin medicine, which, indirectly play a part in the problematic which is here posed, see O. Temkin, *Galenism. Rise and Decline of a Medical Philosophy* (Ithaca: Cornell U.P., 1973), pp. 125 ff.

5. We understand by "medical humanism" the complex movement, which, from the end of the 15th century (*c.*1484), attempted to retrieve the ancient medical writings (Hippocrates, Galen, even Byzantine compilers) by applying to them the newborn science of philology. The result was editions which were philologically purged, and direct Latin translations from the original language, free from the mistakes contained in the mediaeval translations, which were classified as "barbaric".

We sustain the concept of "medical humanism" out of pure pragmatism and for lack of any better. At the present, a growing need is felt for an adequate study of this complex movement, which goes under the generic label of "humanism", "product of historical realism, i. e., of an attempt to penetrate into the essence of an age", as well as of the misleading concept of "renaissance". For a view of periodization in history, see D. Gerhard, in *Dictionary of the History of Ideas*, Ph. P. Wiener ed., (New York: C. Scribner's Sons), III, pp 476-481. R. Durling points to the necessity for a study of the concept of "medical humanism", in "Linacre and Medical Humanism" in *Linacre Studies. Essays on the Life and Work of Thomas Linacre, c.*1460-1524. F. Madisson, M. Pelling and C. Webster, eds., (Oxford: Clarendon P., 1977), p. 77. As regards Spanish medicine and science in the 16th century, see J. M. López Pinero, *Ciencia y Técnica en la Sociedad espanola de los siglos XVI y XVII* (Barcelona; Labor, 1979).

The Circulation and Use of Medical Manuscripts in Arabic in 16th Century Spain

LUIS GARCIA-BALLESTER*

ONE OF THE CHARACTERISTIC FEATURES of Spain during the 16th century was the important Arabic-speaking population which lived shoulder to shoulder – sometimes peacefully, sometimes not – with a majority whose language was not Arabic. Both groups (the Christian majority and the minorities of Muslim or Jewish origin) formed very distinct cultural communities, especially the Muslims or those of Muslim origin.[1] Theoretically, at least, the number of medical manuscripts in Arabic which must have existed in 16th century Spain should have been considerable. Elsewhere I have studied the reasons for the survival of the medical manuscripts in Arabic during the 14th and 15th centuries in the Christian zones of Spain.[2] The reasons were basically of a social order, and closely linked to the fate suffered by the Muslim and Jewish minorities. Members of both communities were the main users and keepers of medical works in Arabic, and they served as a bridge with the Christian doctors who also had recourse to them.[3] The gradual decline in importance of the Arabic medical manuscripts, already visible in the 14th and 15th centuries, must be attributed not only to the declining importance of the Jewish and Muslim minorities themselves, but also to the prestige which the Christian scholastic university was winning over the intellectual leaders of the minority. For the university was capable of generating a great output of medical literature, and of establishing a mature Greco-Latin medical terminology. This movement was taking shape from the last third of the 15th cen-

* Departamento de Historia de la Medicina, Facultad de Medicina, Granada, Spain.

1. A. Domingues Ortíz and B. Vincent, *Historia de los moriscos. Vida y tragedia de una minoria* (Madrid: Revista de Occidente, 1978); L. Garcia Ballester, *Medicina, ciencia y minorias marginadas: los moriscos* (Granada, Universidad: Secretariado de Publicaciones, 1976); *Id.* "The Minority of Morisco Physicians in the Spain of the 16th Century and Their Conflicts in a Dominant Christian Society", *Sudhoffs Archiv*, 60 (1976), 109-234.

2. L. García Ballester, *Historia social de la medicina en la Espana de los siglos XIII al XVI* (Madrid: Akal, 1976), pp. 31-75.

3. An example of the bilingualism (Arabic-Latin) of the people who used the medical manuscripts written in Arabic in Christian Spain can be seen in the manuscript corresponding to *K. Jāmiᶜ asrār al-ṭibb* by Abū al-ᶜAlā' Zuhr b. ᶜAbd al-Malik, Ibn Zuhr al-Ishbīlī (Paris, B. N. Or. 2960, f. 191v), dated Barcelona in the writing used in the 14th to 15th centuries. Cf. F. Girón, *La medicina práctica en la Espana musulmana del siglo XII.* Ed. crítica y traducción del *K. al-Jāmiᶜ* (Granada: Faculty of Medicine. 1977), Ph.D. thesis.

Journal for the History of Arabic Science

JOURNAL FOR THE HISTORY OF ARABIC SCIENCE

Published bi-annually, Spring and Fall, by the Institute for the History of Arabic Science (IHAS).

Manuscripts and all editorial material should be sent in duplicate to the Institute for the History of Arabic Science (IHAS), University of Aleppo, Aleppo, Syria.

All other correspondence concerning subscription, advertising and business matters should also be addressed to the Institute (IHAS). Make checks payable to the *Syrian Society for the History of Science.*

ANNUAL SUBSCRIPTION RATES:

Volumes 1 & 2 (1977 & 1978)	
Registered surface mail	$ 6.00
Registered air mail	$10.00
Volume 3 (1979)	
Registered surface mail (all countries)	$10.00
Registered air mail:	
Arab World & Europe	$12.00
Asia & Africa	$15.00
USA, Canada & Australia	$17.00

Printed in Syria
Aleppo University Press